

Министерство высшего и среднего специального
образования БССР

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Республиканские межведомственные сборники

М Е Т А Л Л У Р Г И Я

"Машины и технологии обработки металлов давлением"

Выпуск 3

М И Н О И 1 9 7 2

669

М 54

УДК 539.8.551.243.

В сборнике освещаются вопросы технологии обработки металлов давлением, приводятся результаты исследований влияния механических колебаний на процессы пластической деформации металлов. В помещенных в сборнике статьях приведены также данные по высоко скоростной деформации металлов.

Материалы сборника могут быть полезными инженерам машиностроительных и металлургических заводов, а также представляют интерес для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов, занимающихся изучением вопросов прочности и пластичности металлов.

Редакционная коллегия:

А.М.Дмитрашич, Н.П.Жмакин (ответственный секретарь), Е.Б.Ложечников, Л.С.Лихович, П.А.Пархутик, В.С.Пашенко (гл.редактор), В.П.Северденко, В.И.Харитонович, Д.Н.Худокормов (зам.гл.редактора)

Ответственный за выпуск -
кандидат технических наук, доцент В.С.Пашенко

Творческий юбилей

В 1972 году кафедра "Машины и технология обработки металлов давлением" Белорусского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института отмечает свое двадцатипятилетие.

Созданная в 1947 году действительным членом Академии Наук БССР, доктором химических наук, профессором С.И.Губкиным (1898-1955 гг.), кафедра за это время превратилась в крупное звено по подготовке специалистов в области обработки металлов давлением.

Известный ученый, автор 170 научных работ, создатель учебника по теории обработки металлов давлением, С.И.Губкин вложил много сил в дело организации кафедры. И пусть первые результаты работы новой кафедры были скромными - выпуск инженеров по специальности в 1948 году составил всего 8 человек, ее положение с каждым годом укреплялось. Расширялась и улучшалась научная и учебная база кафедры, росли ее кадры. С.И.Губкин подготовил группу кандидатов технических наук, многие из которых в настоящее время работают на кафедрах института и в других учреждениях республики. В период работы на кафедре С.И.Губкин написал монографию "Пластическая деформация металлов" в трех томах. Этот труд явился итогом его многолетней деятельности в области теории пластичности и обработки металлов давлением.

После смерти С.И.Губкина с 1955 по 1957 г. кафедрой руководил доцент, кандидат технических наук М.А.Барановский.

С 1957 по 1970г. кафедру возглавлял заслуженный деятель науки и техники БССР, академик АН БССР, доктор технических наук, профессор В.П.Северденко. С 1970г. кафедрой заведует доцент, кандидат технических наук В.С.Пашенко, а профессор В.П.Северденко продолжает работать на кафедре в качестве профессора-консультанта.

Под руководством В.П.Северденко кафедра получила дальнейшее развитие. Расширилась тематика научно-исследовательских работ, увеличилось количество оригинальных разработок. Кафедра получила

современную лабораторию, укрепила свою научную и техническую базу. Ее учебные и лабораторные площади увеличились более чем в 7 раз, она была укомплектована новейшим оборудованием и аппаратурой. Значительно поднялся уровень учебного процесса, чему способствовал выпуск ряда учебников и учебных пособий ("Теория обработки металлов давлением", "Основы теории прокатки" – автор В.П. Северденко, "Технология листовой штамповки", "Механизация и автоматизация листостамповочного производства" – автор М.А. Барановский "Лабораторный практикум по обработке металлов давлением" – авторский коллектив кафедры и др.).

В настоящее время на кафедре обучается 250 студентов на дневном отделении (10 групп) и 150 студентов на вечернем отделении (6 групп). А всего по специальности обработка металлов давлением обучается 400 студентов. Студенты слушают лекции в специализированных аудиториях, оборудованных наглядными пособиями и действующими приборами и макетами, в лабораторные работы выполняют на современном оборудовании с привлечением новейших приборов и аппаратов.

Специализирующиеся в области обработки металлов давлением проходят производственную практику на лучших, передовых заводах республики и Советского Союза, таких как Минский тракторный завод, Минский автомобильный завод и другие. Многие студенты выполняют реальные курсовые и дипломные проекты.

За время своего существования кафедрой выпущено для народного хозяйства СССР более 1300 специалистов высокой квалификации. Вероятно, нет ни одного завода в Белоруссии, где бы ни работали выпускники кафедры. Питомцев кафедры можно встретить в Тольятти, Омске, Ереване, Ленинграде, Волгограде, Уфе, Куйбышеве и во многих других городах нашей родины.

На кафедре работает студенческий научно-технический кружок и ежегодно проводятся студенческие научно-технические конференции.

Под рук водством академика АН БССР В.П. Северденко на кафедре проводится большая работа по исследованию физико-механических свойств и особенностей механизма пластической деформации в условиях импульсного нагружения; по исследованиюковки и штамповки, вытяжки, гибки и пробивки отверстий с наложением ультразвуковых колебаний. Широким фронтом ведутся работы по исследованию про-

катки и волочения полос, ленты, прутков и труб с наложением ультразвуковых колебаний; по исследованию сил и коэффициентов контактного трения при различных процессах обработки металлов и сплавов давлением в обычных условиях и с наложением ультразвуковых колебаний. Спроектированы и изготовлены прокатные и волочильный станы для работы с ультразвуком. Расширяются работы по исследованию процессов прокатки полос, ленты и профилей с низкочастотными колебаниями.

При прокатке ряда металлов в вакууме коэффициент трения в 1,5 - 2 раза выше, чем при прокатке на воздухе. Кроме того, прокатку некоторых металлов невозможно осуществить из-за интенсивного налипания их на валки. Для снижения коэффициента трения, а также для уменьшения склонности налипания прокатываемого металла на валки в ряде случаев прокатку, в том числе высокотемпературную, таких металлов, как вольфрам, молибден и др., целесообразно производить либо в вакуумно-ультразвуковых станах, т.е. в вакуумных станах с наложением ультразвуковых колебаний, либо в вакуумно-вибрационных станах, у которых вибрация осуществляется с помощью механического, гидравлического или какого-либо другого привода. На кафедре спроектирован и построен вакуумно-ультразвуковой прокатный стан, на котором успешно ведутся работы по исследованию закономерностей процесса прокатки.

Серьезные исследования проведены на кафедре по изучению прочности и пластичности ряда тугоплавких металлов и некоторых марок стали при низких температурах. Обширные работы проведены по получению лент с различными свойствами путем прокатки порошковых материалов, а также гранул. Изучен характер течения металла и изменение тонкой его структуры при высокоскоростной осадке; исследованы особенности течения металла при прессовании с высокими начальными скоростями деформирования.

В результате длительной работы всего коллектива кафедры выкристаллизовалось ее основное научное направление. Это - применение ультразвуковых колебаний в процессах обработки металлов давлением; высокоскоростные процессы обработки металлов давлением и получение лент путем прокатки порошковых материалов.

На кафедре впервые в нашей стране были поставлены работы по комплексному исследованию влияния ультразвуковых колебаний на процессы обработки металлов давлением. Особенно следует отме-

тить оригинальные исследования по прокатке и волочению с ультразвуком.

Создание экспериментальных прокатных станков с продольными, радиальными и крутильными колебаниями позволило значительно поднять уровень исследований.

Сотрудники кафедры и ученики В.П.Северденко выступают с докладами на научных конференциях Москвы и Ленинграда, Риги и Челябинска, Алма-Аты и Воронежа, Таллина и Еревана, Тбилиси и др.

Приглашения на зарубежные научные конференции, посещение делегациями кафедры и лабораторий, издание в США оригинальной монографии В.П.Северденко, В.В.Клубовича и А.В.Степаненко "Прокатка и волочение с ультразвуком" - подтверждение признания успехов коллектива кафедры.

Белорусская школа по обработке металлов давлением, возглавляемая академиком В.П.Северденко, получила признание среди родственных коллективов и специалистов. Причем в области исследований обработки металлов давлением с наложением ультразвуковых колебаний кафедра занимает ведущее положение в Советском Союзе.

Увеличившийся круг связей кафедры способствовал резкому росту работ по хоздоговорной тематике с организациями и заводами Минска, Гомеля, Москвы, Тулы, Первоуральска и других городов.

Значительно выросло число подаваемых авторских заявок. Около пятидесяти заявок на изобретения было подано за последние два года.

За время существования кафедры под руководством С.И.Губкина, В.П.Северденко, М.А.Барановского, В.С.Пазенко и А.В.Степаненко было успешно защищено свыше 40 кандидатских диссертаций. Среди ее питомцев - два доктора технических наук: Е.М.Макушок и С.А.Девнар. На кафедре ведется большая работа по подготовке научных кадров через аспирантуру.

ПРОКАТКА СО СДВИГОМ МЕТАЛЛА В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ

Обычная прокатка характеризуется подпиранием действием сил контактного трения по длине и ширине очага деформации, которое приводит к неравномерному распределению удельных давлений в этих направлениях. Устранить действие этих сил полностью или частично можно путем сочетания прокатки материала с его сдвиговой деформацией.

Сдвиг материала в очаге деформации в продольном направлении достигается при прокатке: на валках, имеющих различную окружную скорость; с одним приводным валком; на валках, коэффициенты контактного трения на которых различны (например, на валках с различной шероховатостью поверхности) и другими способами. Для полного устранения подпирющего действия сил трения в этом случае необходимо, чтобы нейтральный угол на одном валке был равен нулю, а на втором — углу захвата.

Сдвиговая деформация полосы в поперечном направлении может быть осуществлена, например, при прокатке с одновременным смещением валков друг относительно друга в направлении их осей. При этом для полного устранения подпора скорость смещения валков должна быть больше скорости течения металла в уширение. Строение очага деформации в этом случае показано на рис. 1. Из анализа напряженного состояния следует, что $\sigma_z = 0$ и является минимальным напряжением, так как при отсутствии натяжений концов полосы напряжение σ_x , действующее вдоль очага деформации, будет сжимающим. Поэтому условие пластичности с учетом действия сдвигающего напряжения для такого напряженного состояния запишется в виде

$$\sigma_y^2 + 4\tau_{zy}^2 = \sigma_{\varphi}^2, \quad (1)$$

где σ_{φ} — сопротивление пластической деформации при линейном напряженном состоянии с учетом температуры, скорости и степени деформации.

Принимая, что $\tau_{zy} = Mn\sigma_y$ (Mn - коэффициент трения в поперечном направлении), получим

$$\sigma_y = \frac{\sigma\varphi}{\sqrt{1+4Mn^2}} \quad (2)$$

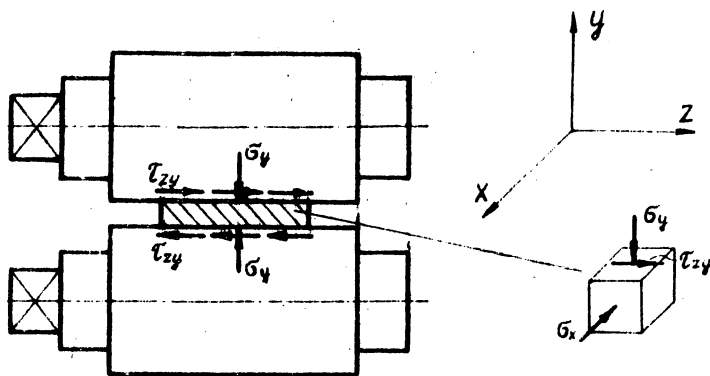


Рис. I. Строение очага деформации при сдвиге в поперечном направлении

Таким образом, нормальные удельные давления по дуге захвата при прокатке со сдвигом поперек очага деформации без натяжения концов полосы не зависят от величины сил контактного трения в продольном направлении. Действие последних сказывается только в сдерживании вытяжки металла в продольном направлении, так как металл для течения в поперечном направлении имеет лучшие условия, поскольку оно легче происходит как бы без действия сил контактного трения в этом направлении. Из формулы (2) следует, что с увеличением коэффициента контактного трения в поперечном направлении удельные давления снижаются. При $Mn = 0,5$ $\sigma_y = 0,715\sigma\varphi$.

С уменьшением толщины прокатываемой полосы подпирательное действие сил контактного трения усиливается, поэтому эффект от применения прокатки со сдвигом по длине или ширине очага деформации

будет увеличиваться.

Сдвиг контактных поверхностей при прокатке в поперечном направлении приводит к улучшению чистоты поверхности прокатываемой полосы. Это подтверждается данными, полученными при прокатке с продольными ультразвуковыми колебаниями валков. При обычной прокатке окружные риски, борозды и другие дефекты поверхности валков, обусловленные их предшествующей механической обработкой и ориентированным износом вследствие преимущественного интенсивного течения металла в продольном направлении, воспроизводятся на поверхности полосы.

При сдвиге в поперечном направлении эти неровности сглаживаются и класс чистоты поверхности полосы повышается.

УДК 621.771.011:621.9.048

СРЕДНЕЕ УДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРИ ПРОКАТКЕ С ПРОДОЛЬНЫМИ
УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ВАЛКОВ

При прокатке полосы симметрично пучности смещений на валках, совершающих продольные противофазные ультразвуковые колебания, наряду с изменением направления вектора относительной скорости скольжения валков по поверхности полосы и обусловленного им снижения коэффициента трения происходит частичный или полный сдвиг металла по ширине очага деформации. В промежутки времени за период колебания, когда колебательная скорость V_k меньше скорости течения металла в уширение V_y , сдвиг наблюдается только на некотором участке очага деформации, а при $V_k > V_y$ он происходит по всей ширине полосы.

Среднее удельное давление при обычной прокатке и линейной аппроксимации эпюры распределения удельных давлений по дуге захвата можно определить как

$$P_{ср.0} = \frac{P_{max} + \sigma_{\varphi}}{2}, \quad (1)$$

где σ_{φ} - сопротивление деформации при линейном напряженном состоянии с учетом среднего по длине очага деформации упрочнения;

P_{max} - максимальное удельное давление.

При прокатке тонких полос [1]

$$P_{max} = \sigma_{\varphi} \left(\frac{H}{h_N} \right)^{d-1} \quad (2)$$

$$\text{где } h_N = \sqrt[2d]{H^{d-1} h^{d+1}}$$

- толщина полосы в плоскости действия максимального удельного давления;

H и h - толщина полосы до и после прокатки соответственно;

$d = 2\mu \sqrt{\frac{R}{\Delta h}}$; $\Delta h = H - h$; μ - коэффициент трения;

R - радиус валков.

Подставив значение (2) в (1), получим

$$P_{ср.0} = \frac{\sigma_{\varphi}}{2} \left[\left(\frac{H}{h_N} \right)^{d-1} + 1 \right]. \quad (3)$$

При прокатке со сдвигом по всей ширине очага деформации, т.е. когда $V_k > V_y$, удельное давление будет постоянным и равным [2]

$$P_{ср.2} = \frac{\sigma_{\phi}}{\sqrt{1 + 4\mu_n^2}} \quad (4)$$

где μ_n - коэффициент трения поперек направления прокатки.

Среднее удельное давление на первой стадии процесса прокатки с ультразвуком, когда $V_k < V_y$, можно определить как

$$P_{ср.1} = \frac{P_{ср.0} + P_{ср.2}}{2} \quad (5)$$

После постановки в это уравнение значений из выражений (3) и (4) и преобразований получим

$$P_{ср.1} = \frac{\sigma_{\phi}}{2} \left[\left(\frac{H}{h_n} \right)^{0.1} + \frac{2}{\sqrt{1 + 4\mu_n^2}} + 1 \right] \quad (6)$$

Среднее за период колебания удельное давление при прокатке тонкой полосы с продольными противофазными ультразвуковыми колебаниями валков в пучности смещений с учетом изменения только схемы напряженного состояния равно

$$P_{ср.у} = \frac{P_{ср.1} \cdot t_1 + P_{ср.2} (T - t_1)}{T} \quad ,$$

где T - период колебания;

t_1 - время протекания первой стадии прокатки.

Время t_1 можно определить из условия, что $V_k = V_y$.

Так как

$$V_k = V_m \cdot \sin \omega t, \text{ то } t_1 = 2t = 2a \operatorname{arcc} \sin \frac{V_y}{V_m} \quad ,$$

где $V_m = \frac{2\pi A}{T}$ - амплитуда колебательной скорости;

A - амплитуда смещений в пучности колебаний;

t - половина промежутка времени, когда $V_k > V_y$,

ω - угловая частота.

Л и т е р а т у р а

И. целиков А.И., Грижков А.И. Теория прокатки. М., 1970. "Металлургия".

КИНЕМАТИКА ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ С КРУТИЛЬНЫМИ ПРОТИВОФАЗНЫМИ
УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ВАЛКОВ

Прокатка полосы, помещенной в пучности колебаний крутильной ультразвуковой волны, отличается от обычной прокатки тем, что валки совершают переменные вращательные движения. Когда валки совершают противофазные ультразвуковые крутильные колебания, то их мгновенные окружные скорости соответственно равны:

$$V_1 = V_0 + V_m \cdot \cos \omega t \quad ;$$

$$V_2 = V_0 - V_m \cdot \cos \omega t \quad ,$$

где V_0 - окружная скорость валков при обычной прокатке;
 $V_m = \frac{2\pi A_k}{T}$ - амплитуда колебательной скорости;
 A_k - амплитуда крутильных колебаний поверхности бочки валка;
 T - период колебания;
 ω - круговая частота;
 t - время.

Вследствие быстрого изменения колебательной скорости и противоположного ее направления на каждом из валков, последние будут скользить по поверхности полосы, что приведет к изменению положения нейтральных узлов и кинематики процесса по сравнению с обычной прокаткой. При этом наблюдается три стадии процесса прокатки: первая характеризуется смещением нейтрального сечения на валке, имеющем большую окружную скорость, к плоскости выхода металла из очага деформации; вторая - смещением нейтрального сечения к плоскости входа металла в очаг деформации на валке с меньшей окружной скоростью; третья характеризуется различным направлением сил трения на противоположных контактных поверхностях.

Если $\frac{V_m}{V_0} \leq S$, где S - опережение, то наблюдается только первая стадия прокатки; при

$$S < \frac{V_m}{V_0} \leq \left(1 - \frac{1 + S}{\lambda \cos \alpha}\right),$$

где λ - продольная деформация или вытяжка,
 α - угол захвата, имеет место первая и вторая стадии,
 а при

$$\frac{V_m}{V_0} > \left(1 - \frac{1+S}{\lambda \cos \alpha}\right)$$

- все три стадии прокатки.

Степень снижения давления металла на валки при прокатке с противофазными крутильными ультразвуковыми колебаниями будет зависеть от продолжительности каждой из описанных выше стадий процесса прокатки. На третьей стадии процесса, когда силы трения на противолежащих контактных поверхностях направлены в противоположные стороны, т.е. их влияние нейтрализуется, они не будут оказывать подпирющего действия и снижение удельных давлений по сравнению с обычной прокаткой будет максимальным. Продолжительность третьей стадии, а соответственно и эффективность примененная ультразвука можно повысить путем увеличения колебательной скорости. Применение крутильных колебаний позволяет при одном и том же диаметре валков прокатного стана получать более тонкие полосы, причем эффективность ультразвука будет увеличиваться с уменьшением толщины прокатываемого металла.

Это подтверждается результатами экспериментальных исследований, приведенными в таблице I.

Т а б л и ц а I

Эффективность применения ультразвука при прокатке
 полос различной толщины

Вид прокатки	Толщина полосы до прокатки H , мм	Относительное обжатие ϵ , %	Давление металла на валки P , кг	Степень снижения давления металла на валки, %
Без ультразвука	0,18	20	1800	47
С ультразвуком	0,18	20	950	
Без ультразвука	0,1	20	2400	79
С ультразвуком	0,1	20	500	

Данные получены при прокатке полос из стали 08 кп размером 0,18x20x120 и 0,1x20x120 на стане, валки которого диаметром 52 мм совершали противофазные крутильные ультразвуковые колебания. Ско-

рость прокатки была равна 0,065 м/сек, амплитуда крутильных колебаний поверхности бочек валков - 0,003+0,004 мм. Приведенные данные показывают целесообразность и перспективность применения прокатки с противофазными крутильными колебаниями валков для получения тонких полос.

ПРОКАТКА ПОЛОС СИММЕТРИЧНО УЗЛА СМЕЩЕНИЙ ПРОДОЛЬНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Прокатку полос с продольными ультразвуковыми колебаниями можно производить симметрично пучности или узла смещений стоячей ультразвуковой волны с синфазными или противофазными колебаниями валков. Если очаг деформации расположен симметрично узла смещений и валки колеблются синфазно, в полосе по ее ширине возникает знакопеременные напряжения сжатия-растяжения от ультразвуковых колебаний, которые распределяются синусоидально, причем максимальная их величина будет в центре полосы.

В течение доли периода колебания, когда полоса подвергается действию сжимающих напряжений от ультразвуковых колебаний, напряженное состояние и условие пластичности практически не изменяется по сравнению с обычной прокаткой. В течение же промежутка времени t , когда полоса подвергается действию растягивающих напряжений от ультразвуковых колебаний, минимальным главным напряжением становится растягивающее, действующее вдоль ширины полосы, т.е. σ_2 . Сжимающее напряжение σ_1 , действующее вдоль направления прокатки, становится средним по величине и оказывает незначительное влияние на сопротивление деформации. Условие пластичности в этом случае записывается в виде

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \sigma_{\phi},$$

где σ_{ϕ} - сопротивление пластической деформации при линейном напряженном состоянии с учетом влияния температуры, степени и скорости деформации.

Из полученной формулы следует, что $\sigma_1 = \sigma_{\phi} - \sigma_2$, т.е. нормальные удельные давления по дуге захвата в течение промежутка времени t становятся меньшими σ_{ϕ} . Среднее за период колебания удельное давление при прокатке полосы симметрично узла смещений продольных колебаний и поэтому будет меньше, чем при обычной прокатке.

Прокатку полос шириной 20 мм из меди МЗ толщиной 0,41 мм и алюминия А0 толщиной 0,52 мм производили на прокатном стане, валки которого диаметром 50 мм совершали продольные синфазные ультразвуковые колебания от двух магнитострикционных преобразователей

ПМС 15А-18. Амплитуда в пучности смещений составляла 0,012 мм, скорость прокатки - 0,083 м/сек, смазкой служило машинное масло. Валки были изготовлены из стали ШХ15, твердость после термообработки 62 HRC, шероховатость поверхности соответствовала 7-му классу чистоты по ГОСТ 2789-59.

Результаты исследований приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Эффект от воздействия продольных ультразвуковых колебаний при прокатке

Материал	Вид прокатки	Относительное обжатие, %	Давление металла на валки при прокатке, кг	Эффект от воздействия ультразвука, %
Медь М3	Без ультразвука	10	950	46,5
	С ультразвуком		510	
	Без ультразвука	20	1470	37,4
	С ультразвуком		920	
Медь М3	Без ультразвука	30	1830	32,2
	С ультразвуком		1240	
	Без ультразвука	40	2120	80,0
	С ультразвуком		1470	
Алюминий А0	Без ультразвука	40	840	42,8
	С ультразвуком		480	
	Без ультразвука	50	1150	39
	С ультразвуком		670	
Алюминий А0	Без ультразвука	60	1400	36,8
	С ультразвуком		885	
	Без ультразвука	70	1740	35,6
	С ультразвуком		1120	

Из приведенных в таблице данных видно, что с увеличением обжатия эффект от воздействия ультразвука снижается. Обусловлено это, во-первых, некоторым падением амплитуды колебаний валков с увеличением нагрузки и, во-вторых, большей скоростью течения металла в уширение, в результате чего уменьшаются растягивающие напряжения от ультразвуковых колебаний, действующие по ширине полосы.

РАСХОД ЭНЕРГИИ ПРИ ПРОКАТКЕ С УЛЬТРАЗВУКОМ

Эффективность применения ультразвука при прокатке с точки зрения энергозатрат может быть оценена как

$$H_N = \frac{N - N_{2y}}{N} \cdot 100\% \quad (1)$$

где N — мощность, потребляемая станком при обычной прокатке;

$N_{2y} = N_y + N_2$ — мощность, потребляемая станком (N_y) и ультразвуковым генератором (N_2) при прокатке с наложением колебаний.

Величины N и N_y могут быть выражены через мощность на шпинделях стана при прокатке в обычных условиях ($N_{ш}$) и с ультразвуком ($N'_{ш}$):

$$N = \frac{N_{ш}}{\eta} \quad ; \quad (2)$$

$$N_y = \frac{N'_{ш}}{\eta} \quad , \quad (3)$$

где η — к.п.д. стана.

Мощность, потребляемая ультразвуковым генератором, равна

$$N_2 = \frac{N_a}{\eta_z \eta_n} \quad , \quad (4)$$

где N_a — акустическая мощность источника колебаний (преобразователя);

η_z ; η_n — соответственно к.п.д. ультразвукового генератора и преобразователя.

Используя выражения (2-4), уравнение (1) запишем в виде

$$H_N = \left(1 - \frac{N'_{ш}}{N_{ш}} - \frac{N_a \eta}{N_{ш} \eta_n \eta_z} \right) \cdot 100\% \quad (4)$$

Мощность $N_{ш}$ и $N'_{ш}$ в уравнении (4) выразим через крутящие моменты

$$N_N = \left(1 - \frac{M_{ш}}{M'_{ш}} - \frac{9520 \cdot N_a \cdot \rho}{M_{ш} \cdot n \cdot \rho_n \cdot \rho_s} \right) \cdot 100\%, \quad (5)$$

где $M_{ш}$ и $M'_{ш}$ - крутящие моменты при прокатке в обычных условиях и с ультразвуком (N_M);

n - число оборотов валика в минуту.

Запишем уравнение (5) в виде

$$N_N = \frac{M_{ш} - M'_{ш}}{M_{ш}} \cdot 100 - \frac{9520 \cdot N_a \cdot \rho}{M_{ш} \cdot n \cdot \rho_n \cdot \rho_s} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Учитывая, что $\frac{M_{ш} - M'_{ш}}{M_{ш}} \cdot 100$ - эффективность ультразвука по снижению крутящего момента на шпинделях стана, последнее уравнение примет вид

$$N_N = N_M - \frac{952000 \cdot N_a \cdot \rho}{M_{ш} \cdot n \cdot \rho_n \cdot \rho_s}, \quad (7)$$

Из выражения (7) видно, что эффективность применения ультразвука при прокатке с точки зрения энергосбережения прямо пропорционально зависит от степени снижения крутящего момента на валиках под действием колебаний, т.е. степени воздействия ультразвука на обрабатываемый металл и контактные условия в очаге деформации, и.п.д. ультразвукового оборудования, скорости прокатки и крутящего момента на шпинделях стана при обычной прокатке.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ПОЛОС

Ранее проведенные исследования показали большую эффективность применения радиальных ультразвуковых колебаний валков с точки зрения энергосэ debate и действующих усилий при холодной прокатке тонких полос, особенно из пластичных материалов.

С целью оценки эффективности применения ультразвука при горячей прокатке были проведены исследования по прокатке свинца, позволяющей моделировать процесс горячей прокатки, и горячей прокатке алюминиевого сплава АМц. Исследования проводили на стане, валки которого диаметром 196 мм совершали противофазные ультразвуковые колебания в частоте 18,45 кГц и амплитудой смещений 0,01 мм. Шероховатость поверхности валков соответствовала 4-му классу чистоты по ГОСТ 2789-59. В процессе прокатки исследовали фиксировали давление металла на валки и крутящие моменты на шпинделях стана через тензометрический усилитель ТА-5 на ленте быстрого действия самопишущего прибора НЗ20-5.

Свинцовые образцы шириной 25 мм и толщиной 4; 7 и 10 мм непосредственно перед прокаткой обезжиривали ацетоном. Образцы из алюминиевого сплава размером 10x25x150 мм прокатывали при температуре 500°C. Нагрев образцов производили в трубчатой электропечи сопротивления с автоматическим регулированием температуры типа СЦОД-0,4.4/12.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Влияние ультразвука на процесс прокатки полос

Материал	H, мм	ξ , %	P_d , кг	P_y , кг	$\frac{P_y - P_d}{P_d}$, %	$\frac{M_d - M_y}{M_d}$, %
Свинец	4	15	750	70	87	81
		30	1490	410	72	69
		50	2960	1400	49,5	56

	2	3	4	5	6	7
		15	840	150	82	81
7		30	1920	560	63	71
		50	2740	2000	27	40
		15	940	250	73,5	90
10		30	1780	620	65	84
		50	2660	1920	32,8	40
		60	4000	2900	27,5	30
		70	5000	4500	10	18
		15	880	300	66	88
Сплав АМц		80	2500	1300	48	71
		50	5400	5000	8,5	13,3

Принятые обозначения:

H - толщина полосы до прокатки;
 $\epsilon = \frac{\Delta H}{H} [\%]$ - степень деформации;

$P_{\sigma}; M_{\sigma}$ - давление металла на валки и крутящий момент при обычной прокатке;

$P_{\sigma}; M_{\sigma}$ - то же при прокатке с ультразвуком.

Из приведенных в таблице данных видно, что с увеличением степени деформации при прокатке оцинца эффективность ультразвуковых колебаний по снижению давления металла на валки и крутящего момента снижается. Это обусловлено уменьшением амплитуды осцилляции поверхности валков в очаге деформации с увеличением нагрузки.

При горячей прокатке алюминиевого сплава низкая эффективность ультразвука при обхвате 50% объясняется, очевидно, с резким охлаждением полосы в очаге деформации, в результате чего возрастает давление металла на валки.

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СТАНОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ
С УЛЬТРАЗВУКОМ

Конструкция рабочей клетки стана для прокатки с ультразвуком определяется:

- 1) общими требованиями к рабочей клетке определенного типа прокатного стана;
- 2) способом возбуждения радиальных ультразвуковых колебаний рабочей поверхности вала;
- 3) требованиями к ультразвуковой волноводно-излучающей системе.

Эффективное использование ультразвука при различных технологических процессах в значительной степени зависит от выбранной волноводно-излучающей системы. Исходя из общих положений [1] применительно к прокатке с ультразвуком, требования к волноводно-излучающей системе можно свести к следующим:

- 1) максимально возможный отбор энергии от источника колебаний;
- 2) минимальные потери колебательной энергии в самой системе;
- 3) минимальные потери энергии в пассивных элементах конструкции рабочей клетки стана;
- 4) наибольшая концентрация колебательной энергии непосредственно в очаге деформации;
- 5) устойчивость резонансного режима акустической системы стана;
- 6) равномерность излучения на поверхности соприкосновения валков с прокатываемым изделием в очаге деформации;
- 7) стабильность работы системы во времени;
- 8) максимальная продолжительность эксплуатации;
- 9) конструктивная и технологическая простота.

Ниже рассмотрены особенности выполнения некоторых из указанных требований в станах, предназначенных для прокатки с ультразвуком.

Потери колебательной энергии в пассивных элементах конструкции рабочей клетки стана зависят от выбора способа акустической изоляции (резвяки) прокатных валков с преобразователями от дета-

лей рабочей клетки прокатного стана, которыми, как известно, являются подшипники валков и элементы передачи крутящего момента. В процессе деформации металла вращающиеся валки воспринимают давление и передают его через шейки на подшипники, от прочности, жесткости и исполнения которых зависит качество получаемых изделий. Шейки валков должны быть достаточно прочными для восприятия изгибающих и крутящих моментов. Диаметр шейки валка в зависимости от типа прокатного стана находится в диапазоне 0,8-0,5 диаметра бочки валка. Следовательно, для размещения подшипников даже у обычного стана остается очень мало места. Последнее обстоятельство является причиной того, что известные акустические развязки в том исполнении, в котором они применяются в других технологических устройствах, не могут быть использованы для изоляции прокатного валка. Например, использование двухузловой узловой развязки приводит к снижению жесткости валка, значительному увеличению диаметра его опор и технологической сложности исполнения.

Недостатки указанного способа изоляции колеблющихся элементов можно устранить, применив одноузловую узловую развязку, которая удовлетворительно изолирует систему при условии незначительного смещения узловых сечений волновода в процессе работы.

Устойчивость резонансных параметров при прокатке обеспечивается соответствующим подбором размеров всех элементов колебательной системы, корешей акустической изоляцией и межвалковым зазором, который должен быть менее $0,1 \lambda$ или кратен половине длины волны $(\frac{\lambda}{2})$.

Равномерность излучения на поверхности соприкосновения валков с прокатываемым изделием в очаге деформации имеет чрезвычайно важное значение для получения качественного изделия, так как вытяжка металла сильно зависит от амплитуды колебаний. Неравномерная интенсивность ультразвуковых колебаний по ширине бочки приводит к неравномерности деформации по ширине полосы. Поэтому для создания валка, предназначенного для прокатки с ультразвуком, могут быть использованы излучатели, которые по своей физической природе способны обеспечить равномерность излучения.

Стабильность работы системы во времени определяет постоянство размеров по длине прокатываемого изделия, что является весьма важным показателем процесса прокатки. Стабильность работы волноводно-излучающей системы зависит от устойчивости электрических колеба-

ний, подаваемых от ультразвукового генератора на обмотку возбуждения, и от степени сохранения постоянства акустических параметров всей волноводно-излучающей системы.

Указанными требованиями необходимо руководствоваться при создании колебательных систем для обработки металлов давлением, в частности, для прокатки.

Л и т е р а т у р а

1. Физика и техника мощного ультразвука (под ред. И.Д.Розенберга), т. I-3, М., "Наука", 1967-1970.

УДК 621.771.011

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИЯМИ ϱ , β И λ ПРИ ПРОКАТКЕ

При обработке металлов давлением иногда необходимо определить соотношение между перемещениями металла в разных направлениях. В некоторых случаях, например при прокатке, соотношения между деформациями проще определить на основании условия постоянства объема:

$$H \cdot B \cdot L = h \cdot b \cdot l, \quad (1)$$

где H , B , L - высота, ширина и длина полосы до прокатки;
 h , b , l - то же, после прокатки.

Коэффициенты обжатия, упрочения и удлинения связаны между собой уравнением постоянства объема, т.е. равенством:

$$\varrho = \beta \cdot \lambda, \quad (2)$$

где $\varrho = H/h$ - коэффициент обжатия, или высотная деформация;
 $\beta = b/B$ - коэффициент упрочения, или поперечная деформация;
 $\lambda = l/L$ - коэффициент удлинения, или продольная деформация.

На соотношение между продольной и поперечной деформациями существенное влияние оказывает ширина полосы B и внешние зоны. С учетом вышесказанного в работе [1] были получены следующие уравнения для определения коэффициентов поперечной и продольной деформаций:

$$\beta = \sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1, \quad (3)$$

$$\lambda = \sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1, \quad (4)$$

где $a_1 = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} (0.5 \frac{B}{B_k} - 0.5)$,

$\varepsilon = \frac{H-h}{H}$ - относительная деформация;
 B_k - критическая ширина полосы [2].

подробный анализ соотношений между продольной и поперечной дефор-

мациями дна А.И.Гришковым [3]. Поэтому остановимся только на не-
точностях выводов, сделанных А.И.Гришковым, и найдем аналитические
уравнения соотношения деформаций.

Из уравнения постоянства объемов (2) имеем:

$$\frac{\lambda}{\beta} = \frac{\varrho}{\beta^2} = \frac{\lambda^2}{\varrho} \quad (5)$$

Учитывая, что $\varrho = \frac{1}{1-\varepsilon}$, получим

$$\frac{\lambda}{\beta} = \frac{1}{(1-\varepsilon)\beta^2} = (1-\varepsilon)\lambda^2 \quad (6)$$

и соответственно

$$\frac{\beta}{\lambda} = \frac{1}{(1-\varepsilon)\lambda^2} = (1-\varepsilon)\beta^2 \quad (7)$$

Сопоставляя приведенные выше уравнения (3), (4) и (6), замечаем,
что

$$\frac{\lambda}{\beta} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1 \right)^2; \quad (8)$$

$$\frac{\lambda}{\beta} = \frac{1}{(1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1 \right)^2}; \quad (9)$$

$$\frac{\lambda}{\beta} = \frac{\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1}{\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1}, \quad (10)$$

а при сопоставлении уравнений (3), (4) и (7) соответственно

$$\frac{\beta}{\lambda} = \frac{1}{(1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1 \right)^2}, \quad (11)$$

$$\frac{\beta}{\lambda} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1 \right)^2, \quad (12)$$

$$\frac{\beta}{\lambda} = \frac{\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1}{\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1} \quad (13)$$

При практических расчетах удобнее всего пользоваться формулами (8) и (12). Произведем проверку.

П р и м е р. Необходимо рассчитать соотношение между продольной и поперечной деформациями для случая прокатки, когда

По формуле (8):

$$\frac{\lambda}{\beta} = (1,0 - 0,5) \left(\sqrt{0,2^2 + \frac{1}{1,0 - 0,5}} - 0,2 \right) = 0,755$$

По формуле (12)

$$\frac{\beta}{\lambda} = (1,0 - 0,5) \left(\sqrt{0,2^2 + \frac{1}{1,0 - 0,5}} + 0,2 \right) = 1,325,$$

или, что одно и то же; $\frac{\beta}{\lambda} = \frac{1}{0,755} = 1,325.$

Аналогично получим соотношение между продольной и высотной деформациями

$$\frac{\lambda}{\varrho} = \frac{1}{\beta} \quad (14)$$

и соответственно

$$\frac{\varrho}{\lambda} = \beta, \quad (15)$$

Из сопоставления уравнений (4) и (14) имеем

$$\frac{\lambda}{\varrho} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1 \right), \quad (16)$$

$$\frac{\lambda}{\varrho} = \frac{1}{\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1}, \quad (17)$$

а из сопоставления уравнений (4) и (15) соответственно

$$\frac{\varrho}{\lambda} = \frac{1}{(1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1 \right)} \quad (18)$$

$$\frac{\rho}{\lambda} = \sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1, \quad (19)$$

При практических расчетах удобнее всего пользоваться формулами (16) и (19).

П р и м е р. Необходимо рассчитать соотношение между продольной и высотой деформациями для случая прокатки, когда $a_1 = 0,1$; $\varepsilon = 0,5$.

По формуле (16):

$$\frac{\lambda}{\rho} = (1,0 - 0,5) \left(0,1^2 + \frac{1}{1,0 - 0,5} - 0,1 \right) = 0,658.$$

По формуле (19):

$$\frac{\rho}{\lambda} = \sqrt{0,1^2 + \frac{1}{1,0 - 0,5}} + 0,1 = 1,52,$$

или, что одно и то же, $\frac{\rho}{\lambda} = \frac{1}{0,658} = 1,52$.

Аналогично найдем соотношение между поперечной и высотой деформациями:

$$\frac{\beta}{\rho} = \frac{1}{\lambda}$$

и соответственно

$$\frac{\rho}{\beta} = \lambda.$$

(21)

Из сопоставления уравнений (9) и (20) имеем:

$$\frac{\beta}{\rho} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1 \right), \quad (22)$$

$$\frac{\beta}{\rho} = \sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1, \quad (23)$$

а из сопоставления уравнений (3) и (21) соответственно

$$\frac{\rho}{\beta} = \frac{1}{(1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1 \right)}, \quad (24)$$

$$\frac{2}{\beta} = \sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\epsilon}} - a_1, \quad (25)$$

При практических расчетах удобнее всего пользоваться формулами (22) и (25).

П р и м е р . Необходимо рассчитать соотношение между высотой и поперечной деформациями для случая прокатки, когда $a_1 = -0,2$; $\epsilon = 0,5$.

По формуле (25):

$$\frac{2}{\beta} = \sqrt{(-0,2)^2 + \frac{1}{1,0 - 0,5}} + 0,2 = 1,63$$

По формуле (22)

$$\frac{\beta}{2} = (1,0 - 0,5) \sqrt{(-0,2)^2 + \frac{1}{1,0 - 0,5}} - 0,2 = 0,615$$

или, что одно и то же, $\frac{\beta}{2} = \frac{1}{1,63} = 0,615$.

На рис. I показана зависимость $\frac{\lambda}{\beta} = f\left(\frac{\beta}{\beta_k}\right)$. При этом не подтверждается точка зрения А.И. Гришкова [3, стр. 147], что "... В узком очаге деформации при уменьшении ширины полосы от точки равенства деформаций до нуля кривая $\lambda = f_1(\beta)$ убывает до минимума, а затем возрастает до значения равенства деформаций, а кривая $\beta = f_2(\beta)$ наоборот, вначале возрастает до максимума с последующим убыванием до значения равенства деформаций $\lambda = \beta$. Таким образом, вторично равенство продольной и поперечной деформаций будет соответствовать ширине полосы $\beta \rightarrow 0$."

Вывод, сделанный А.И. Гришковым, представляет собой частный случай, так как равенство деформаций согласно номограмме, приведенной на рис. I, и формулам (8) и (12) наступает при какой угодно ширине полосы, если $\epsilon \rightarrow 0$. Изменение кривых $\frac{\lambda}{\beta} = \lambda = f_1\left(\frac{\beta}{\beta_k}\right)$ и $\frac{\beta}{\lambda} = \beta = f_2\left(\frac{\beta}{\beta_k}\right)$ показаны на номограмме (рис. 2). Кривые $\frac{\lambda}{\beta} = f_3\left(\frac{\beta}{\beta_k}\right)$ и $\frac{\beta}{\lambda} = f_4\left(\frac{\beta}{\beta_k}\right)$ не приводятся, так как их характер аналогичен кривым λ и β , уменьшенным на коэффициент пропорциональности $\varrho = \frac{1}{1-\epsilon}$.

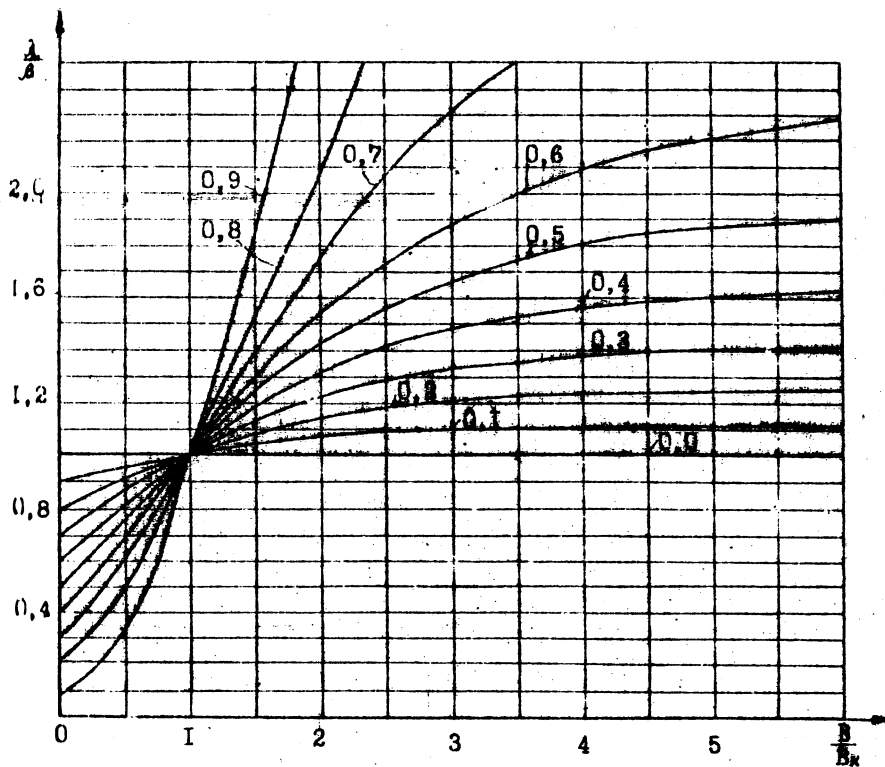


Рис. I. График зависимости $\frac{\lambda}{B} = f\left(\frac{B}{B_k}\right)$

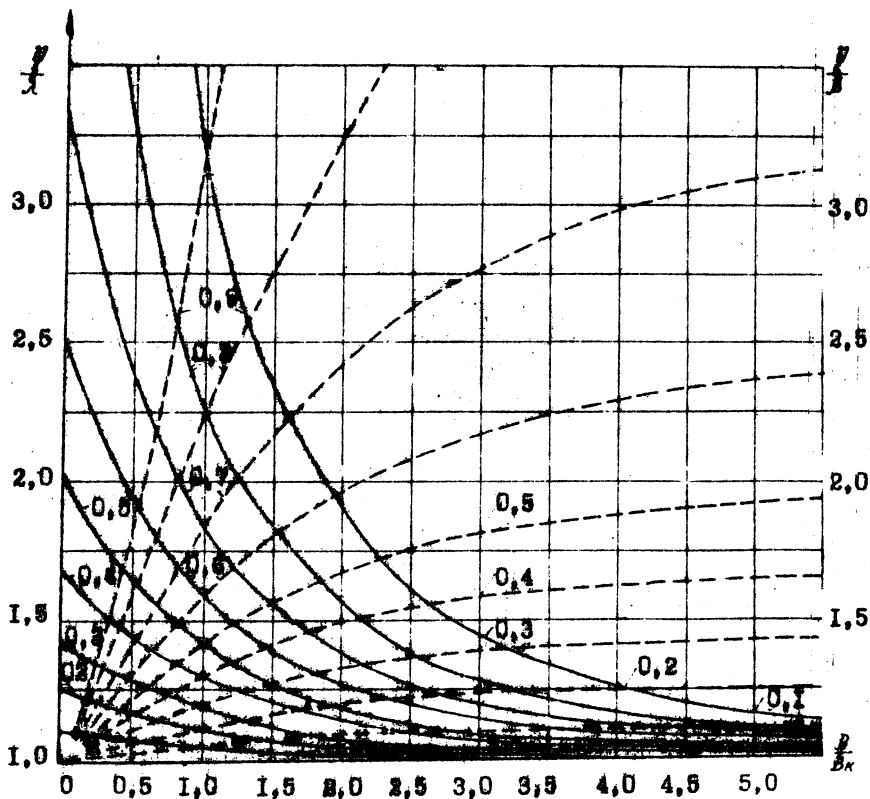


Рис.2. Зависимость отношения $\frac{P}{\lambda} = \beta$ и $\frac{P}{B} = \lambda$ от $\frac{B}{B_k}$:

— кривые $\frac{P}{\lambda}$; ---- кривые $\frac{P}{B}$.

В таблице I даны формулы соотношения деформаций, рекомендуемые для практического применения.

Т а б л и ц а I

Формулы соотношения деформаций, рекомендуемых для практического пользования

Наименование деформаций	Соотношение деформаций	
Продольная λ Поперечная β	$\frac{\lambda}{\beta} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1 \right)^2$	$\frac{\beta}{\lambda} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1 \right)$
Продольная λ Высотная ϱ	$\frac{\lambda}{\varrho} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1 \right)$	$\frac{\varrho}{\lambda} = \sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1$
Высотная ϱ Поперечная β	$\frac{\varrho}{\beta} = \sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} - a_1$	$\frac{\beta}{\varrho} = (1-\varepsilon) \left(\sqrt{a_1^2 + \frac{1}{1-\varepsilon}} + a_1 \right)$

где $a_1 = \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} (a_s \delta_k - a_5)$

В заключение следует отметить, что выбор В.П.Бахтиновым отношения $\frac{\beta}{\beta_k}$ в качестве характеристики условий равенства продольной и поперечной деформаций вполне оправдывается. Наряду с этим отношение $\frac{\beta}{\sqrt{R \Delta h}}$, на наш взгляд, менее пригодно для характеристики условий равенства деформаций, так как, согласно опытным данным, отвечающим максимальному умирению, ширина полос не равна длине дуги захвата.

Л и т е р а т у р а

1. Севердяно В.П., Бахтинов Ю.В. "Изв. АН СССР", Сер. физ.-технич. наук, 1969, № 3.
2. Севердяно В.П., Бахтинов Ю.В. "Изв. АН СССР", Сер. физ.-технич. наук, 1970, № 2.
3. Гришков А.И. МВТУ, т.84. Прокатные станы в технологии прокатки, М., 1958, Мавгиз.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИТЫХ СЕКТОРОВ ПРИ ПРОКАТКЕ ПРОФИЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

В настоящее время секторы для прокатки профилей переменного сечения (треугольных, полукруглых и других) изготавливаются из ковальной или горячекатанной стали Х12М1 и Х12Ф1. При механической обработке заготовок для секторов отходы в виде стружки составляют 40-60%. Следовательно, при таком способе производства секторов имеет место большой расход металла, высоки трудоемкость и себестоимость изделий.

В связи с этим проведены исследования для определения износоустойчивости литых и кованых секторов при прокатке профилей переменного сечения, а также целесообразности применения литых секторов взамен кованых.

Литые заготовки для секторов отливались центробежным способом с применением медных форм с утолщенными стенками. Применение медных форм при данном способе литья производилось впервые. Их преимущество по сравнению со стальными и песчаными заключается в высокой теплопроводности меди, благодаря которой процесс кристаллизации в медной форме совершается с большой скоростью и обеспечивает получение тончайшей плотной структуры в рабочей части инструмента, что способствует повышению стойкости секторов. Отливка производилась в центробежной машине с горизонтальной осью вращения.

После механической обработки на наружной и торцовых поверхностях заготовок литейных пороков обнаружено не было.

Внешний осмотр изготовленных секторов показал хорошую плотность металла, отсутствие пористости и раковин. Структура отливок - мелкозернистая по всему поперечному сечению кольца. Твердость литых заготовок составила 54 - 56 HRC. После замера твердости заготовки были подвергнуты изотермическому отжигу по следующему режиму:

нагрев с 500°C до 900°C со скоростью 30-40°/час;
выдержка при температуре 900°C в течение 12 час.;
снижение температуры до 750°C в течение 10 час.;
охлаждение в печи до температуры 500°C и далее на воздухе.

Изготовленные и отожженные образцы были испытаны в механической лаборатории на прочность. Данные испытаний приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Данные механических испытаний разрывных образцов
в отожженном и отпущенном состояниях

№ образцов	Состояние металла	Сопротивление на разрыв, кг/мм ²	Сужение, %
6	Отоженные	55,8	50,5
7	- " -	59,8	55,0
8	- " -	55,6	55,0
9	- " -	54,6	55,0
1	Закаленноотпущенные	120,2	0
2	- " -	122,0	0
3	- " -	124,3	0
4	- " -	121,2	0
5	- " -	117,6	0

После полной механической обработки колец и изготовления на них секторов была произведена окончательная термическая обработка комплекта секторов по следующему режиму:

нагрев под закалку до температуры 840°C с выдержкой в печи 15 мин; последующий нагрев в закалочной ванне (хлоробариевая соль) до температуры 1050°C с выдержкой 12 мин. и охлаждение в масле при температуре 50°C;

отпуск в течение 1 часа 20 мин. при температуре 580°C;

измерение твердости после полной термической обработки.

Для проведения сравнительных испытаний на износоустойчивость литых и кованных секторов, изготовленных из стали X12M1, последние были установлены на прокатный стан ТК-14 с диаметром валков 156 мм и числом их оборотов 80 об/мин.

Перед установкой секторов на стан были произведены замеры всех геометрических параметров согласно чертежам и расчетам калибровки, а также проверено качество термообработки путем замера твердости рабочих поверхностей. По данным замеров твердость составила у литых секторов 54 - 56 HRC, у кованных - 51 - 53 HRC

Прокатка заготовок трехгранных профилей переменного сечения осуществлялась за четыре прохода. Трехгранные заготовки изготавливались из углеродистой стали У12. Нагрев заготовок перед прокаткой осуществлялся электроконтактным способом. Для испытаний было взято 3000 шт. заготовок для прокатки носков заготовок трехгранных профилей переменного сечения длиной 220 мм, 1500 шт. - для прокатки на литых секторах и 1500 шт. - на кованых.

Известно, что интервал температур для прокатки заготовок, при котором можно производить прокатку без нарушения сплошности металла, для стали У12 составляет $950^{\circ} - 1050^{\circ}\text{C}$. С понижением температуры прокатки возрастает сопротивление деформации стали, а, следовательно, и давление металла на секторы, что ускоряет их износ. С другой стороны, понижение температуры приводит к образованию сетки разгермных трещин и отпуску катающих поверхностей, что также понижает износостойкость секторов.

Поэтому для исследования были выбраны две температуры: 950° - нижний предел и 1050°C - верхний предел прокатки. Это сделано с целью исследования влияния на стойкость секторов одновременно двух факторов - усилий прокатки (силовой фактор) и температуры (тепловой фактор). Условия прокатки на литых и на кованых секторах были одинаковыми.

После прокатки заготовок носков трехгранных профилей переменного сечения секторы были сняты со стана и подвергнуты испытанию на:

- наличие на рабочей поверхности разгермных трещин;
- изменение твердости рабочей поверхности;
- изменение размеров на ручьях секторов.

В результате тщательного визуального осмотра рабочих поверхностей ручьев секторов (литых и кованых) на них не было обнаружено следов разгермных трещин. Как ручьи, так и прокатанные трехгранные заготовки имели гладкую поверхность. Твердость рабочих поверхностей ручьев не изменилась.

Наибольшему износу в процессе прокатки трехгранных заготовок подверглись профили ручьев, где происходит максимальное обжатие. При этом установлено, что износ ручьев секторов в местах максимального обжатия заготовок как на литых, так и на кованых секторах после прокатки незначителен и составляет около 0,02 мм, что вполне согласуется с данными практики эксплуатации секторов.

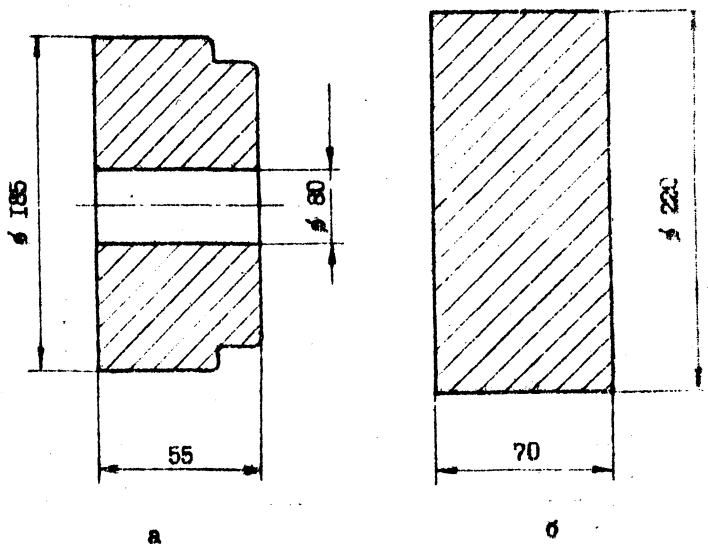


Рис. I. Размеры и форма литых (а) и кованых (б) заготовок

С целью сопоставления экономии металла при производстве литых секторов по сравнению с секторами, изготовленными из поковки произведен расчет их веса (рис. I).

Расчет веса отливки (рис. I, а):

$$G_1 = \frac{\pi (D_n^2 - D_B^2) B \gamma}{4} = \frac{3,14 (18,5^2 - 8,0^2) \times 5,5 \times 8,0}{4} = 9,6 \text{ кг}$$

Расчет веса поковки (рис. I, б):

$$G_2 = \frac{\pi D_n^2 \cdot B \cdot \gamma}{4} = \frac{3,14 \times 22,0^2 \times 7,0 \times 8,0}{4} = 21,27 \text{ кг}$$

где D_n - наружный диаметр отливки и поковки;
 D_B - внутренний диаметр отливки;
 B - ширина отливки и поковки;
 γ - удельный вес стали Х12М1.

Из приведенного расчета видно, что при производстве литых секторов экономится около 50% металла по сравнению с секторами,

изготовленными из поковок.

На основании проведенных сравнительных расчетов и исследований стойкости секторов (литых и кованных) при прокатке носков заготовок трехгранных профилей переменного сечения размером 220 мм можно сделать следующие выводы:

1. Литые секторы по своим качествам при прокатке не уступают кованным.

2. Применение литых заготовок для изготовления из них секторов позволяет экономить более 50% дорогостоящего легированного высококачественного металла по сравнению с изготовлением секторов из кованных поковок.

ВОЛОЧЕНИЕ ПОЛОС С УЛЬТРАЗВУКОМ ЧЕРЕЗ РОЛИКОВУЮ ВОЛОКУ

Деформирование металла через роликовую волоку представляет собой промежуточный процесс между прокаткой и волочением, поскольку в нем наряду со схемой волочения используются, как и при прокатке, вращающиеся валки. Преимущества такого способа перед обычным волочением заключается в том, что трение скольжения между инструментом и изделием заменяется трением качения. По сравнению с прокаткой изменение схемы напряженного состояния в очаге деформации позволяет значительно снизить давление металла на валки.

В данной работе исследовано влияние радиальных ультразвуковых колебаний валков на тяговое усилие и давление металла на валки при волочении отожженных полос из стали 08 кп сечением 0,88x40 и алюминия А0 сечением 1,75x30 мм. С целью сравнения волочение производили через вращающиеся и неподвижные валки.

Радиальные колебания валков с гладкой бочкой возбуждали двумя магнитострикционными преобразователями ПМС 15А-18. Валки совершали противофазные колебания с амплитудой смещения на поверхности бочки 0,012 мм. В процессе волочения при помощи мессдоз измеряли давление металла на валки и тяговое усилие.

Приспособление для волочения крепили к столу цепного волочительного стана. Скорость волочения составляла 0,08 м/сек, в качестве смазки использовалось сухое мыло. Результаты исследований представлены в таблице I.

Из приведенных в таблице данных видно, что при волочении с наложением ультразвуковых колебаний происходит снижение усилия волочения и давления металла на валки.

При волочении алюминиевых полос с ультразвуковыми колебаниями валки не вращались, так как сила трения между полосой и валками была недостаточна для преодоления трения в опорах роликов, причем деформация полосы до степени обжатия примерно 28% происходила практически без приложения тягового усилия за счет ультразвуковых колебаний валков. С увеличением обжатия степень снижения тягового усилия волочения и давления металла на валки падает.

Т а б л и ц а 1

Влияние радиальных ультразвуковых колебаний
на процесс волочения полос

материал	$\epsilon, \%$	$T_0, \text{кг}$	$T_y, \text{кг}$	$P_0, \text{кг}$	$P_y, \text{кг}$	$\frac{T_0 - T_y}{T_0}, \%$	$\frac{P_0 - P_y}{P_0}, \%$
Вращающиеся валки							
Алюминий АО	20	36	-	2500	700	100,0	72,0
	30	64	14	2740	1160	78,0	57,0
	40	100	32	3160	1620	68,0	46,0
	50	140	60	3600	2200	57,5	39,0
	60	-	84	-	2700	-	-
Сталь 08КП	10	106	66	9000	6650	37,6	26,1
	20	245	185	12700	10900	24,5	14,3
	30	370	312	14600	13200	18,6	9,6
	35	438	375	15200	14000	14,4	7,8
Неподвижные валки							
Алюминий АО	20	85	-	1800	700	100,0	55,0
	30	120	120	2260	1160	90,0	47,0
	40	160	30	2760	1620	82,0	41,2
	50	195	60	3160	2200	69,0	30,4
	60	-	86	-	2700	-	-
Сталь 08КП	10	210	125	5500	4900	40,5	10,8
	15	350	220	7000	6300	37,0	10,0
	20	500	330	7800	7100	34,0	9,0
	25	-	450	-	7500	-	-

П р и м е ч а н и е. В таблице приняты следующие обозначения:

$\epsilon = \Delta l / l$ - степень деформации за один проход;

l - начальная толщина полосы;

T_0, T_y - тяговое усилие при волочении в обычных условиях и с ультразвуком;

P_0, P_y - давление металла на валки при волочении в обычных условиях и с ультразвуком.

Δl - абсолютное обжатие за проход.

Критическая степень деформации при волочении алюминия в обычных условиях через вращающиеся валки была равна 61-62%, через неподвижные - 55-56%, в то время как с ультразвуковыми колебаниями в обоих случаях она достигала 67-68%.

При волочении стальных подос снижение усилия волочения и давления металла на валки меньше, чем алюминиевых. Однако и здесь при использовании ультразвуковых колебаний наблюдается увеличение критической степени деформации, которая составляет при волочении через вращающиеся и неподвижные валки соответственно 50 и 37% по сравнению с 27,5 и 21% при волочении в обычных условиях.

Падение эффективности колебаний с повышением степени обжатия и прочности обрабатываемого металла происходит в основном вследствие уменьшения амплитуды колебаний в очаге деформации и увеличением давления металла на валки.

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ УСИЛИЯ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ТРУБ С УЛЬТРАЗВУКОМ

Применение ультразвука при волочении труб позволяет снизить усилие волочения при установившемся процессе [1-3], что является резервом увеличения обжатия за проход. Степень снижения усилия зависит от схемы введения ультразвуковых колебаний, их интенсивности, смазки, рода обрабатываемого материала и ряда других факторов.

Однако, как показывает производственный опыт, при обычном волочении обрыв трубы наблюдается, как правило, в начальный момент деформации, когда тяговое усилие резко возрастает из-за инерции протягиваемой трубы, худших условий смазки и ударного приложения нагрузки; при этом максимальная величина его значительно превышает усилие волочения при установившемся процессе.

Для уменьшения тягового усилия и с целью устранения обрывов на практике постепенно увеличивают скорость в пусковой период или же применяют различные демпфирующие устройства.

С целью более полной оценки эффективности применения ультразвуковых колебаний при волочении труб в настоящей работе проведены исследования по их влиянию на снижение тягового усилия в течение всех стадий волочения, включающих захват трубы, установившийся период и окончание процесса.

Волочение труб диаметром 5x0,5 мм из стали X18H9T производили на целом волочительном стане при скоростях волочения от 0,08 до 0,6 м/сек через твердосплавные волокни со смазкой сухим мылом. Источником ультразвуковых колебаний служил генератор УЗГ-10У и магнитострикционный преобразователь ПМС15А-18. Амплитуда смещений волок, расположенных в пучности колебаний цилиндрических стержней-волноводов, составляла 0,01 мм. Усилие волочения фиксировали с помощью медовой растяжки через тензометрический усилитель ТА-5 осциллографом Н-700.

Типовые осциллограммы, полученные при волочении труб в обычных условиях и с наложением ультразвуковых колебаний, представлены на рис.1а,б. Данные получены при скорости волочения 0,27 м/сек и степени деформации, которая определялась отношением разности площадей поперечного сечения трубы до и после деформации к площа-

ди первоначального сечения, равной 36%.

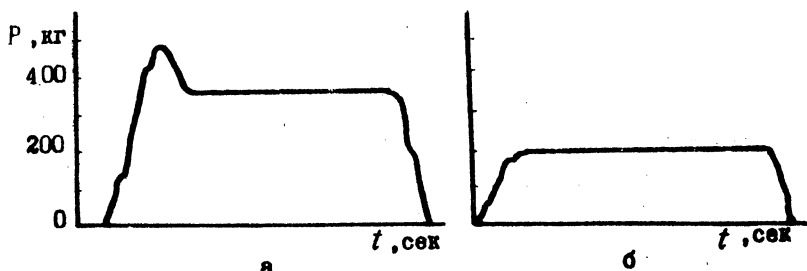


Рис. I. Типовые осциллограммы, полученные при волочении в обычных условиях (а) и с наложением ультразвуковых колебаний (б) труб из стали X18N9 размером 5x0,5 мм

Из приведенных на рисунке осциллограмм видно, что при обычном волочении, (рис. I, а) тяговое усилие в начальный период резко возрастает, затем несколько снижается, остается постоянным при установившемся процессе и падает до нуля в конце волочения. При волочении же с ультразвуком, (рис. I, б) тяговое усилие растет в пусковой период, достигая усилия установившегося процесса, затем сохраняет постоянное значение в течение этой стадии волочения и падает до нуля после окончания процесса. В связи с этим степень снижения усилия волочения под действием ультразвука на различных стадиях процесса получается неодинаковой: в начальный период для приведенного выше случая она составляет 58% и при установившемся процессе - 41%.

Такое различие в характере изменения усилия волочения наблюдалось при всех исследованных скоростях волочения.

Следовательно, ультразвуковые колебания позволяют не только снизить усилие волочения при установившемся процессе, но и значительно улучшить условия деформации в начальный период волочения, что дает возможность повысить максимальную степень деформации трубы за проход.

Л и т е р а т у р а

Г. Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. Прокатка и волочение с ультразвуком. Минск, 1970. "Наука и техника".

2. Buckley J.T., Freeman M.K., *Ultrasonic tube drawing*. „Ultrasonic”, 1970, 8, №3, 152-158.
8. Winsper C.E., Sansome D.H. *Application of ultrasonic vibration to the plug drawing of tube* „Metal Forming”, 1971, 38, №3, 71-75.

УДК 621.774.372;621.9.048.6

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВОЛОЧЕНИЯ И ОБЪЯТИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ИНСТРУМЕНТА

Одной из причин, сдерживающих применение ультразвука при волочении труб, является отсутствие обобщающих данных по использованию ультразвуковых колебаний при скоростях волочения близких к промышленным.

Наибольшее число работ посвящено исследованию волочения вдоль направления продольных колебаний через волоку, размещенную в пучности колебаний стержня, в котором возбуждается продольная стоячая волна. Эффект от воздействия ультразвука при этой схеме имеет место при скоростях волочения, меньших амплитуды колебательной скорости.

Данных по влиянию скорости волочения на усилие деформирования при волочении вдоль направления продольных колебаний через волоку, размещенную в пучности напряжений, приведено мало; все они касаются волочения проволоки и носят довольно противоречивый характер.

Так, авторами [1] установлено, что при волочении титановой проволоки максимальное снижение усилия составляет 60% при скорости 20 м/мин, причем с увеличением последней эффективность действия ультразвуковых колебаний снижается.

Эксперименты [2], выполненные при волочении медной проволоки, показывали снижение усилия волочения лишь на 3-4%, что значительно ниже эффективности процесса, когда очаг деформации расположен в пучности продольных смещений. В работе, однако, указано на наличие плохого акустического контакта между волской и волноводом.

Исследованиями [3] установлено, что при расположении очага деформации в пучностях напряжений и колебаний степень снижения усилия волочения одинакова, а схемы отличаются между собой лишь условиями резонансов.

Данные, приведенные в работах [1-3], получены при небольших скоростях волочения (20-150 м/мин) и обжатиях порядка 6-30%.

В настоящей работе приведены результаты исследований по изучению эффективности воздействия ультразвука на процесс волочения труб в зависимости от скорости волочения при различных обжатиях

о размещении очага деформации в пучности напряжений продольно колеблющегося стержня. Исследования были проведены при безоправочном волочении труб диаметром $16 \times 1,0$ мм из латуни Л62ТМ на цепном волочительном стане в диапазоне скоростей волочения от 0,05 до 0,40 м/сек. В качестве смазки применяли машинное масло. Волочение производили через запрессованные в цилиндрические стержни резонансной длины волокна, изготовленные из стали ШХ15СГ (HRC 62), рабочая поверхность которых была обработана по 9-му классу чистоты. Источником ультразвуковых колебаний служил генератор УЗГ-10У и магнитоотриксционный преобразователь ПМС15А-1В. Амплитуда смещений в пучности колебаний стержней составляла 0,01 мм. Усилие волочения фиксировали с помощью мессдозы растяжения через тензометрический усилитель ТА-5 осциллографом Н-700.

Степень деформации, определяемая отношением разности площадей поперечного сечения трубы до и после деформации к первоначальной площади поперечного сечения, составляла 23,4; 43,7 и 60,9%.

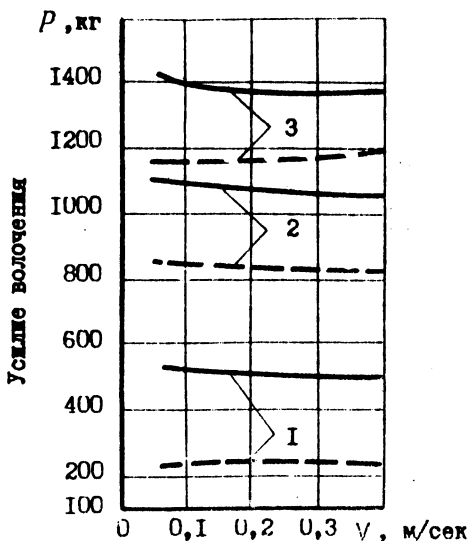


Рис.1. Изменение усилия волочения P в зависимости от скорости V и степени деформации при волочении труб из латуни Л62ТМ размером $16 \times 1,0$ мм (— без ультразвука; - - - с ультразвуком). Степень деформации 23,4% (1), 43,7% (2), 60,9% (3).

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис.1. Видно, что с увеличением обжатия степень снижения усилия волочения падает. Характерно, что при всех степенях деформации с увеличением скорости волочения эффект от воздействия ультразвука практически не изменяется. Так, при скорости волочения 0,054 м/сек и степени деформации 23,4% снижение усилия волочения под действием ультразвука было равно 54,6%, а при скорости 0,4 м/сек оно составляло 53%, в то время как при обжатии 60,9% оно было соответственно равно 17,8% и 14,1%.

Следовательно, при волочении через волоку, расположенную в пучности напряжений продольно колеблющегося стержня, эффект от воздействия ультразвука с точки зрения снижения усилия волочения при исследованных скоростях практически не зависит от скорости волочения, что создает возможности для дальнейшего совершенствования этой схемы с целью использования ее в промышленности.

Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.П., Клубович В.В., Конищев Л.К., Репин Р.А. Волочение проволоки из труднодеформируемых материалов с наложением продольных ультразвуковых колебаний. Доклады АН БССР, т. XIV, 1970, № 5.

2. Sansome D.H., Winsper C.E. Drawing wire with oscillatory energy applied "Wire Industry", 1968, 35, №19, 1043, 1045-1048.

3. Фудзимори Фусэо, Яномото Масатака, Ямада Иосиаки, Торикава Ясуо. Fundamental study of ultrasonic wire drawing. "Сэйсан кэнкю, Seisan kenkyu, Mon. J. Inst. Ind. Sci. Tokyo,"

1970, 22, №6, 294-297.

К ВОПРОСУ ОБ ОПЕРЕЖЕНИИ ПРИ ПРОКАТКЕ ПОРОШКОВ

Исследования, описанные в ряде работ [1, 2, 3, 4], позволили установить зависимость опережения от плотности прокатываемой из порошков ленты и коэффициента уплотнения, диаметра валков и условий их привода (прокатка с приводом одного или обоих валков).

В настоящей работе проведено исследование величины опережения в зависимости от толщины ленты при постоянной ее плотности и, наоборот, от плотности при постоянной ее толщине. Опыты проводили на дуостане с диаметром валков 160 мм при прокатке в вертикальном направлении порошков железа, никеля, меди и смесей никеля и меди с дисперсными окислами алюминия, кремния, гафния и циркония. Получение лент требуемой толщины и плотности осуществляли одновременным изменением раствора валков и угла контакта порошка с валками за счет подвижных ограничивающих язычков бункера порошков, а также изменением скорости прокатки [5].

Анализ результатов проведенных опытов показал, что величина опережения S зависит от толщины h_A и плотности γ_A прокатываемых лент и наличия в прокатываемых порошках дисперсных окислов (таблица I, рис.1 и 2).

Во всех проведенных опытах с увеличением толщины ленты при постоянной ее плотности опережение увеличивалось, на основании чего можно заключить, что ранее установленная прямая зависимость [2] опережения от диаметра валков фактически была вызвана увеличением толщины ленты, прокатываемой из порошков.

Т а б л и ц а I

Опережение при прокатке порошков никеля и меди с дисперсными окислами (3%, вес)

Материал	Толщина ленты, мм	Плотность ленты, г/см ³	Опережение, %
1	2	3	4
Ni — Al ₂ O ₃	0,46	5,2	0,43
	0,49	5,19	0,47

	2	3	4
<i>Ni</i> — <i>Al</i> ₂ <i>O</i> ₃	0,51	5,2	0,54
	0,52	5,17	0,58
	0,47	5,5	0,39
	0,51	5,50	0,43
	0,53	5,44	0,50
	0,54	5,47	0,54
<i>Ni</i> — <i>Si</i> ₂ <i>O</i> ₃	0,88	5,68	1,16
	0,94	5,39	1,89
<i>Ni</i> — <i>Hf</i> <i>O</i> ₂	0,67	5,54	0,32
	0,81	5,68	0,45
<i>Cu</i> — <i>Al</i> ₂ <i>O</i> ₃	0,75	6,63	0,49
	0,78	6,81	0,57
	0,82	6,50	0,62
<i>Cu</i> — <i>Hf</i> <i>O</i> ₂	0,7	6,19	0,44
	0,76	5,53	0,49
	0,83	6,00	0,57
	0,89	6,44	0,62

соответствующим диаметру валков.

Зависимость опережения от плотности лент не одинакова при прокатке железных порошков и порошков никеля, и смесей никеля, и меди с окислами. Так, если при прокатке железных порошков повышение плотности лент приводит к увеличению опережения (рис.1), то при прокатке порошков никеля и смесей никеля и меди с окислами увеличение плотности лент вызывает уменьшение опережения (рис.2, таблица I).

Так, при прокатке никелевых лент толщиной 0,62 мм плотностью 4,85 и 5,64 г/см³ опережение составляло соответственно 0,34 и 0,32. При прокатке лент из порошковой композиции *Ni*—*Al*₂*O*₃ толщиной 0,51 мм и плотностью 5,2 и 5,5 г/см³ опережение составило 0,54 и 0,43%. Об обратной зависимости опережения от плотности ленты свидетельствуют данные по прокатке композиции *Cu*—*HfO* (у ленты плотностью 6,19 г/см³ и толщиной 0,7 мм $S = 0,44\%$, в плотностью 5,53 г/см³ и толщиной 0,76 мм $S = 0,49\%$) и других, приведенных в таблице I.

Различное влияние плотности лент на опережение при их прокатке из железных никелевых и медных порошков и композиций с окис-

лами на их основе свидетельствует о сложной зависимости опережения от многочисленных факторов, среди которых влияние свойств металла порошка и состава смеси на величину опережения еще недостаточно изучено.

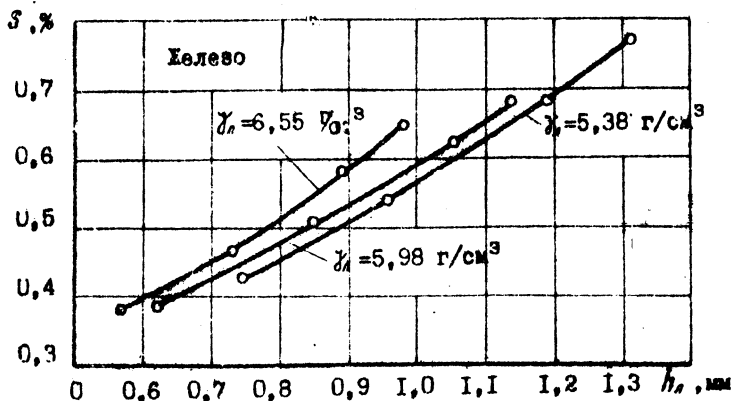


Рис.1. Зависимость опережения S от толщины лент h_A , прокатанных из железных порошков

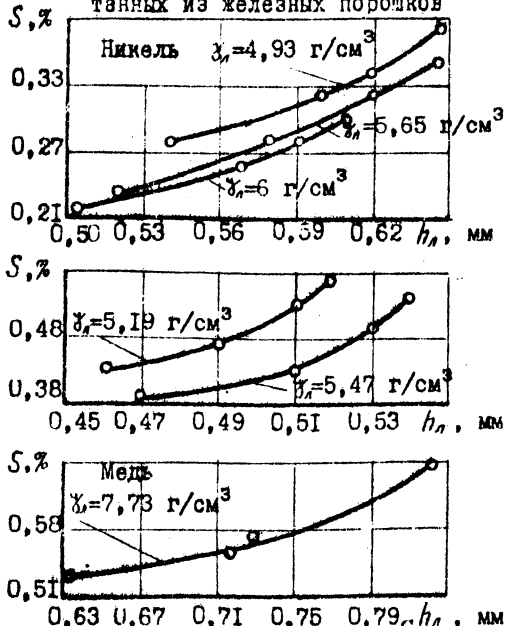


Рис.2. Зависимость опережения S от толщины лент h_A , прокатанных из порошков никеля, меди и смеси никеля с дисперсными окислами алюминия (3% вес).

Это подтверждается анализом зависимости опережения от вида введенного в прокатываемый порошок оксида. Введение оксидов в порошок во всех случаях приводило к увеличению опережения. При этом большие значения опережений получены при прокатке порошковых композиций, в состав которых введено наибольшее объемное количество оксидов.

Рост опережения с увеличением толщины ленты может быть объяснен увеличением нейтрального угла, а также уменьшением тормозящего действия приконтактных слоев металла в зоне опережения по толщине ленты.

Введение оксидов уменьшает величину металлических контактов между частицами при их уплотнении и за счет этого снижает сопротивление их перемещению между собой в зоне опережения, чем можно объяснить большие значения опережений при введении в металлические порошки дисперсных оксидов и увеличении содержания оксидов в порошковой композиции.

Л и т е р а т у р а

1. А к с е н к о в Г.И., Н и к о л а е в А.Н. Сб. "Порошковая металлургия", вып.2, М., НИИТАвтопром, 1955.
2. С е в е р д е н к о В.П., Л о ж е ч н и к о в Е.Б. Докл. АН БССР, № 4, 1963.
3. Н а в л о в И.Н. Тр. ДПИ, № 238, М.-Л., "Машиностроение", 1964.
4. Г а й д а р ь Л.М., Х и л к и н В.В. "Порошковая металлургия", 1968. № 4.
5. С е в е р д е н к о В.П., Л о ж е ч н и к о в Е.Б., Б а е к М.А. "Изв. АН БССР, сер. физ.-технич. наук, 1970, № 4.

ХАРАКТЕР ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОСАДКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНТАКТНЫХ УСЛОВИЙ

Исследовалось течение металла при осадке образцов $\phi 18 \times 18$ мм и $\phi 18 \times 30$ мм из стали А) с начальными скоростями деформирования до 100 м/сек в зависимости от различных условий трения.

Характер течения материала устанавливался путем изучения микроструктуры деформированных образцов и искажения координатных сеток. Развитие процесса высокоскоростной осадки во времени наблюдалось с помощью скоростного фотографирования с использованием скоростного фоторегистратора СФР - 2 М.

Установлено, что при осаживании со скоростями деформирования $V_0 = 50 - 200$ м/сек фронт пластических деформаций движется от ударного торца к неподвижному. К концу этапа распространения пластической деформации образец имеет одну и ту же форму (усеченный конус) независимо от условий деформирования. Влияние этих условий начинает сказываться на форме образца только после охвата пластической деформацией всего его объема. Окончательная форма осаживаемого образца зависит от отношения его диаметра к высоте, от условий контактного трения и начальной скорости деформирования.

При осаживании образцов 18×18 мм ($D:H = 1$) бойками с чистой поверхностью V2, без смазки, со скоростями деформирования $V_0 = 50 - 200$ м/сек, как и в случае статической осадки ($V_0 = 0,1$ м/сек) наблюдается три зоны деформации. Отличие заключается в том, что с увеличением скорости нарушается симметрия деформированного сечения относительно торцов образца. Зона торможения возле ударного торца уменьшается.

Снижение сил контактного трения (осадка бойками с чистой поверхностью V9, без смазки) приводит к появлению при $V_0 = 100 - 200$ м/сек двух зон деформации. У неподвижного торца отчетливо выявляется зона торможения в виде параболоида вращения, основанием которого является неподвижный торец. Эта зона оказывает расклинивающее действие на металл, движущийся со стороны ударного торца. На границах параболоида наблюдаются резкие изменения направления в лонсе, указывающие на значительные деформации в этих зонах.

При осадке бойками с чистой поверхностью V9, со смазкой,

волокна металла копируют форму образца, при этом не обнаружено образования зон в большом диапазоне степеней деформации.

С помощью скоростной фотосъемки установлено, что при осевом сжатии образцов $\Phi 18 \times 36$ мм ($D:H = 0,5$) с начальными скоростями свыше 150 м/сек после прихода фронта пластических деформаций к неподвижному торцу, независимо от контактных условий, деформация последнего идет более интенсивно, чем ударяемого, и к концу процесса превосходит по абсолютной величине деформацию ударяемого торца. Это приводит к образованию при больших степенях сжатия двух зон деформации. Первая зона, имеющая форму нерабочего конца вращения, с основанием на ударяемом торце, вклинивается во вторую, смещая металл в стороны. Влияние контактных условий при этом сказывается на абсолютной величине деформации торцов, причем при различных условиях трения сохраняется одна и та же форма образца (кувшинообразная).

Результаты исследования распределения деформаций по высоте образцов, полученные с использованием метода координатной сетки, подтверждают выводы, сделанные на основании анализа макроструктуры образцов при исследовании характера течения металла в зависимости от контактных условий.

ИЗМЕНЕНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОСАДКЕ

Исследованные характеристики тонкой структуры (микроскажений кристаллической решетки и дисперсности блоков мозаики) проводилось на рентгеновской установке УРС-50ИМ с ионизационной регистрацией дифракционных рентгеновских максимумов. Величина микроскажений кристаллической решетки и блоков мозаики определялась с помощью метода аппроксимации.

Для рентгеновских исследований брались образцы из стали 20, освоенные с начальными скоростями деформирования $V = 0,0025, 100, 150, 200, 300$ м/сек. Осадка образцов производилась без предварительного нагрева, в качестве смазки использовался солидол. Чистота контактных поверхностей инструмента и торцов образцов соответствовала 9. Освоенные образцы разрезались пополам вдоль осевой плоскости и из них электрополировкой и шлифовались шлифы. Съемка рентгенограмм велась в 6-7 точках вдоль оси шлифа. По полученным данным строились кривые распределения микроскажений кристаллической решетки и размеров блоков мозаики вдоль оси образца.

Экспериментами установлено, что при статическом осаживании ($V = 0,0025$ м/сек) величина микроскажений кристаллической решетки возрастает по мере удаления от торцов образца и достигает максимума на половине высоты образца, блоки же мозаики, наоборот, уменьшаются при приближении к середине высоты образца. При осаживании со скоростями $V = 150$ м/сек и выше максимальные микроскажения кристаллической решетки наблюдаются вблизи торцевых поверхностей образцов. Распределение величины блоков мозаики противоположно распределению микроскажений кристаллической решетки.

Наиболее равномерно по всему объему образца распределены микроскажения кристаллической решетки и величина блоков мозаики при осаживании со скоростью $V = 100$ м/сек.

Была установлена зависимость характеристик тонкой структуры от степени деформации ϵ при различных скоростях деформирования. Результаты исследований приведены на рис.1. Кривые 1,2 характеризуют зависимость микроскажений кристаллической решетки от ϵ

в 3 и 4 - зависимость величины блоков мозаики $D \cdot 10^{-6}$ см от степени деформации при начальных скоростях осаждения 0,0025 и 200 м/сек соответственно.

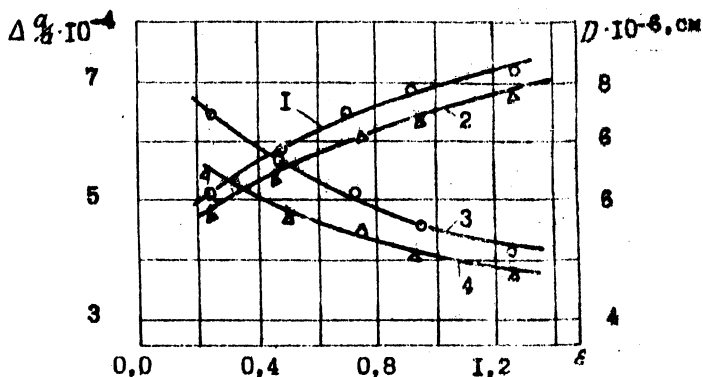


Рис. I. Зависимость характеристик тонкой структуры от степени деформации

Из графиков можно сделать вывод о том, что с увеличением истинной степени деформации микроразмеров кристаллической решетки возрастают при всех скоростях осаждения. Величина микроразмеров (остаточных напряжений второго рода) при одной и той же степени деформации в случае высокоскоростного осаждения несколько меньше, чем статического. Это различие можно объяснить действием теплового эффекта, ибо, как показали расчеты, температура образца при скоростях деформирования свыше 100 м/сек может достигать 450-500°C.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ,
ОСАЖЕННЫХ С ВЫСОКИМИ СКОРОСТЯМИ

Вопрос о влиянии скорости инструмента на распределение деформаций в образце является в настоящее время одним из наименее изученных.

В данной работе приведены результаты исследований деформированного состояния образцов, осаженных без предварительного нагрева при начальных скоростях бойка 0,0025, 100, 150 и 200 м/сек. Осаживались цилиндрические образцы $\phi 15 \times 30$ мм. Затем их разрезали вдоль оси и на плоскость разреза наносили координатную сетку. Для того чтобы в процессе деформации оба полуцилиндра осаживались как одно целое, склеенный образец запрессовывали в металлическую обойму, изготовленную из того же материала. Контактные поверхности бойком и торцы образцов имели чистоту поверхности $\gamma 9$, в качестве смазки применялся солидол.

За основную характеристику деформированного состояния принята одна из главных деформаций

$$\epsilon = -\ln \frac{z_k}{z_3},$$

где z_k — радиус круга, вписанного в недеформированный квадрат координатной сетки;

z_3 — меньшая полуось эллипса, вписанного в деформированную ячейку координатной сетки.

Знак "минус" в данном выражении указывает на деформацию сжатия.

На рис. 1, а, б приведены графики распределения главной деформации по высоте осаженных образцов. Кривая 1 показывает распределение главной деформации в осевом слое; кривая 2 — на расстоянии равно половине радиуса образца; кривая 3 — в периферийном слое.

Из графиков видно, что распределение деформации значительно различается в зависимости от начальной скорости деформирования V . При $V = 0,0025$ м/сек и $\nu = 49,5\%$ (рис. 1, а) максимальное значение главной деформации совпадает со средней высоты и осью осаженного образца. У торцов образца и в периферийном слое величина главной деформации минимальна. В периферийном слое распределение главной деформации является наиболее равномерным.

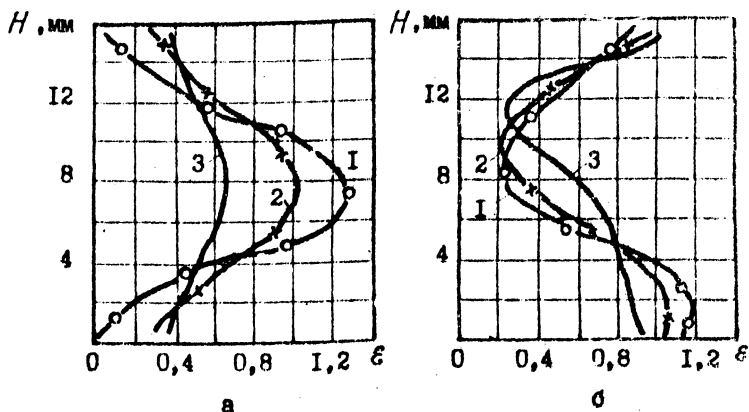


Рис.1. Распределение главной деформации по высоте осаживаемых образцов

При осаживании образцов с $V = 150$ м/сек и выше распределение главной деформации по высоте образца резко отличается от статического. Максимальную деформацию получает слой материала вблизи торцов, минимальную — в средней части. При переходе от осевого слоя (кривая I, рис.1,б) к боковой поверхности (кривая 3, рис.1,б) минимум деформации смещается в сторону ударяемого торца. Если вблизи ударяемого торца наибольшее значение главной деформации соответствует периферийным слоям, то вблизи неподвижного торца наибольшую деформацию имеет осевой слой.

Эксперименты показали, что наиболее равномерное распределение главной деформации происходит при осадке образцов с начальной скоростью $V = 100$ м/сек.

УДК 621.73.043.014

ПРОЯВЛЕНИЕ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА ПРИ ПРЕССОВАНИИ
С ВЫСОКИМИ НАЧАЛЬНЫМИ СКОРОСТЯМИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Основным фактором, определяющим влияние размеров тела на развитие процесса деформирования и состояние тела после обработки, является отношение его контактной поверхности к объему ($F_{\text{кон}} K/W$). В случае высокоскоростного деформирования поверхностный фактор может оказать существенное влияние на все показатели деформации. Установление характера этого влияния является целью исследования.

Прессованию подвергались геометрически подобные образцы с размерами $\varnothing 57 \times 85,5$ мм и $\varnothing 40 \times 60$ мм из алюминиевого сплава при сохранении физического подобия. Механическое подобие соблюдалось в виде одинакового отношения энергии пуансона-бойка в момент соударения с образцом к объему последнего ($\frac{E}{W} = \text{idem}$). Прессование образцов производилось с 3-кратной вытяжкой в интервале скоростей от 73 до 212 м/сек. Сдвиговая деформация по поперечному сечению отпрессованных стержней оценивалась по изменению $tg \alpha$, где α - угол искажения первоначально прямого угла элемента координатной сетки в данном сечении (рис.1).

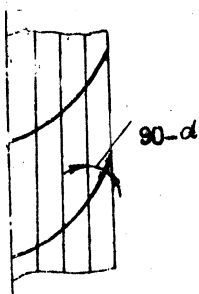


Рис.1. Схема замера угла искажения прямоугольного элемента координатной сетки

Деформированное состояние дополнительно исследовалось по распределению твердости в объеме отпрессованных и охлажденных на воздухе стержней. Твердость измерялась на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на индентор 200 г. Результаты этих исследований представлены на рис.2 и 3, где D_{cm} - диаметр стержня, а dm - диаметр, на котором лежит исследуемая точка.

Кривые 1 и 2 на рис.2 и 3 соответствуют распределению твердости в поперечном сечении на половине длины стержня и $tg \alpha$ у прессостатка (1 - большой образец, 2 - малый образец), а 3 и 4 - у торце (3 - большой образец, 4 - малый образец). Начальная ско-

рость деформирования составляла 186 м/сек.

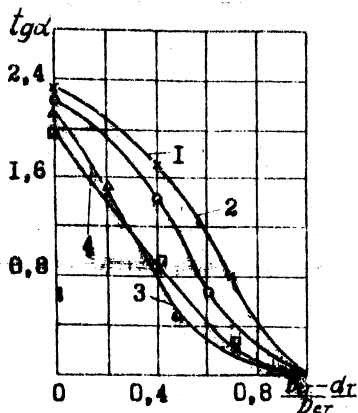


Рис.2. Изменение $\text{tg } \alpha$ в поперечном сечении по длине отпрессованных стержней

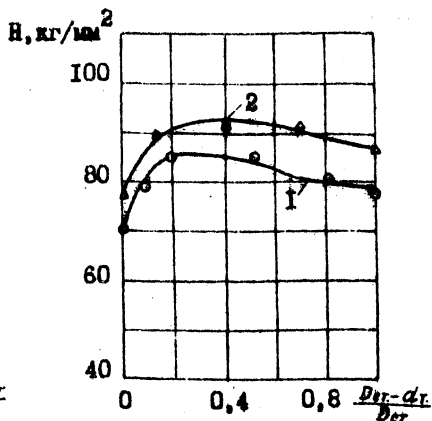


Рис.3. Изменение твердости в объеме отпрессованных стержней

Из графиков видно, что изделия, отпрессованные из меньших образцов, упрочняются лучше, так как при прессовании таких образцов сдвиговая деформация в большей степени охватывает объем отпрессованных стержней.

Энергетические затраты оценивались величиной удельной энергии прессования, определяемой как отношение энергии пуансона-бойки в момент соударения с образцом к выдавленному объему за вычетом потерь энергии при разгоне образца и заполнении конусной части матрицы. При этом было отмечено значительное повышение удельной энергии прессования при деформировании меньших образцов и возрастание разницы в расходе энергии с повышением скоростей.

УДК 621.73.043.014

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ
УДАРНОМ ПРЕССОВАНИИ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА

В работе изучалось влияние начальных скоростей деформирования и различных условий трения на характер течения металла при при-
мом прессовании.

Прессованию подвергались образцы $\phi 57 \times 85$ мм из высокопрочного
алюминиевого сплава АК6 без предварительного нагрева с начальными
скоростями пуансона-бойка до 240 м/сек. Различные условия
трения обеспечивались применением разных смазок и прессова-
нием без смазки. Оценка течения металла производилась по измене-
нию координатных сеток, нанесенных на плоскость разреза состав-
ных образцов. Изменение сдвиговой деформации по объему отпрессо-
ванных стержней определялось предложенным нами показателем интен-
сивности сдвиговой деформации K (рис.1):

$$K = \frac{P - P_1}{P_1},$$

где P - расстояние между прямыми, проведенными нормально к
оси параболы через ее вершину и точку пересечения
ветвей с образующей стержня;

P_1 - расстояние между вершинами смежных парабол.

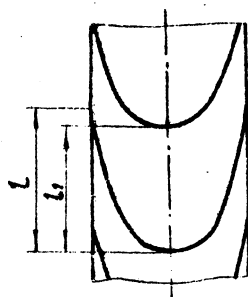


Рис.1. Схема замера для
определения интенсивности
сдвиговой деформации

Величина P_1 при скоростном
прессовании практически постоянна
по всей длине отпрессованного
стержня независимо от условий
деформирования. В случае, когда
ветви параболы пересекают обра-
зующую стержня выше или ниже вер-
шины соседней параболы, показате-
ль будет иметь положительные
или отрицательные значения. Это
приводит к наглядности в оценке
изменения сдвиговой деформации
по длине стержня от различных
условий деформирования.

На рис.2 представлено изменение показателя K по длине
отпрессованных стержней L в зависимости от различных условий

прессования (1 - прессование со смазкой графитом с машинным маслом (50% + 50%), 2 - прессование без смазки) при начальной скорости деформирования 186 м/сек. Кривая 1 и 3 показывает зависимость K от скорости (1-186 м/сек, 3-240 м/сек) при использовании в качестве смазки графита с машинным маслом.

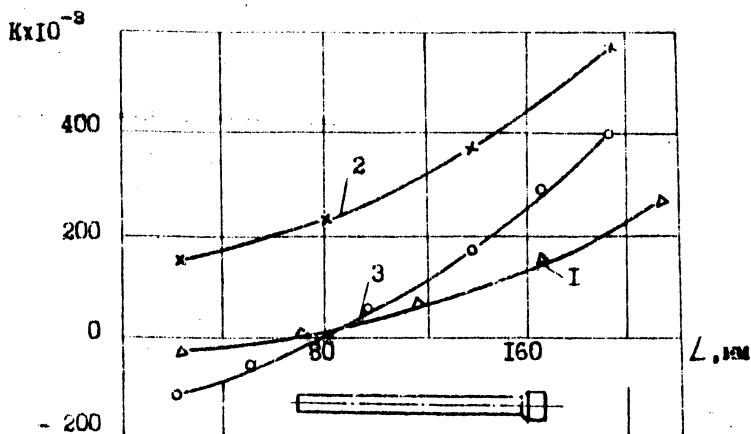


Рис.2. Изменение показателя интенсивности сдвиговой деформации K по длине отпрессованных стержней

Из анализе координатных сеток и приведенного на рис.2 графика следует, что характер течения металла при прямом высокоскоростном и обычном прессовании и распределение сдвиговой деформации по сечению и длине отпрессованного стержня значительно отличаются между собой. При статическом прессовании сдвиговая деформация в установившейся стадии процесса практически постоянна по сечению и длине, при скоростном она имеет наименьшую величину в конце отпрессованного стержня и наибольшую (но значительно меньшую, чем при статическом прессовании) у пресс-остатка. Это объясняется изменением условий трения по мере затухания скорости истечения.

Повышение скорости деформирования приводит к более равномерному течению металла в очаге деформации и к уменьшению сдвиговой деформации в прессуемом профиле что значительно снижает растягивающие напряжения в поверхности отном слое. Это создает хорошие предпосылки для применения высоких скоростей деформирования при обра-

ботке хрупких и малоэластичных в холодном состоянии материалов. Так, стержни из АКБ, отпрессованные с высокими начальными скоростями без предварительного нагрева, отличались хорошим качеством поверхности и прямолинейностью. Стержни из того же материала, отпрессованные на гидропрессе, имеют явно выраженные трещины и искривления.

При прессовании без смазки с высокими начальными скоростями наблюдалось оплавление поверхностных слоев прессуемого профиля. При этом условия течения приближались к случаю прессования со смазкой.

Экспериментально установлено, что при весьма высоких начальных скоростях прессования металлов наблюдается внеконтактное течение. Так, при начальной скорости деформирования 233 м/сек и трехкратной вытяжке на образцах \varnothing 40x80 мм диаметр отпрессованных стержней был на 1 мм меньше диаметра очага матрицы.

УДК 621.73.043.014

ХАРАКТЕР УПРОЧНЕНИЯ ТРУБЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОТПРЕССОВАННЫХ С ВЫСОКИМИ СКОРОСТЯМИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Знание характера упрочнения изделий, полученных обработкой давлением, позволяет судить как об их эксплуатационных характеристиках, так и о неравномерности деформации.

В работе исследовалось распределение твердости по толщине стенки и длине трубок, полученных методом прямого высокоскоростного прессования из отожженного сплава АК6 без предварительного нагрева. В качестве смазки применялась смесь графита с машинным маслом (50% + 50%), при этом смазывались контейнер и игла.

Вытяжки (отношение площадей поперечного сечения заготовки и трубки) составляли 3,4 и 4,5, что соответствовало толщине стенок трубок 5 и 4 мм. Прессование производилось с начальными скоростями деформирования до 165 м/сек. Измерение твердости по сечению и наружной поверхности трубок производилось на приборе ПМТ-3 с нагрузкой на индентор 200 г.

Результаты замеров представлены на рис. 1, а, б. Ось ординат совпадает с наружной поверхностью трубок.

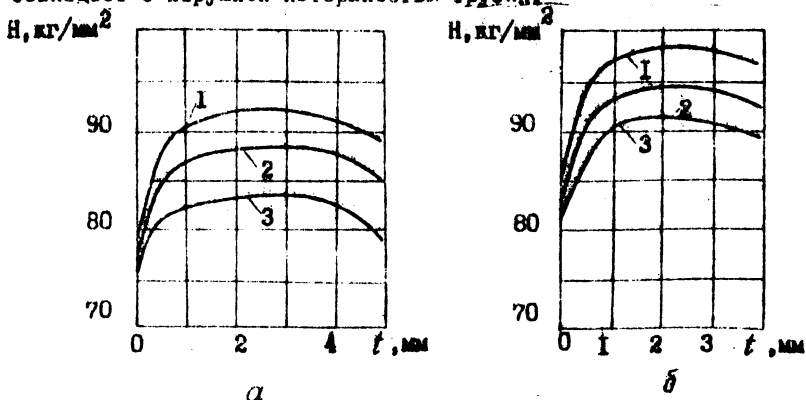


Рис. 1. Распределение твердости по длине трубок

Кривые 1, 2, 3 показывают распределение твердости по сечению трубок с толщиной стенок $t = 5$ мм (рис. 1, а) и $t = 4$ мм (рис. 1, б) соответственно у торца, посередине и у пресс-остатка.

Как видно из приведенных графиков, характер распределения твердости по толщине и длине трубок практически не зависит от степени вытяжки, которая, однако, оказывает влияние на саму величину твердости. С повышением вытяжки твердость незначительно увеличивается. Уменьшение твердости на наружной и внутренней поверхностях трубок связано с локальным разогревом поверхностных слоев. Так как течение металла происходит более интенсивно по наружной поверхности, то и разогрев в этой зоне более интенсивен, а, следовательно, и падение твердости выражено более отчетливо.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПЛОСКОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ УДАРЕ

В исследовании процессов высокоскоростного деформирования большую роль играет упрочнение изделий. Знание законов изменения сопротивления деформации дает возможность рассчитывать усилия и энергию деформирования, наиболее полно использовать механические и пластические свойства металлов при эксплуатации деталей машин.

Упрочняющий эффект описывается кривыми деформационного упрочнения, для построения которых наиболее часто используют испытания на растяжение, реже — на сжатие. Применение этих методов при высокоскоростном деформировании затрудняется сложностью регистрирования усилий, причем особая трудность возникает при попытке учесть влияние схемы напряженного состояния.

В настоящей работе предлагается метод определения сопротивления деформации при испытании на удар о гладкую жесткую плиту. Этот вид испытания наиболее полно отражает процесс высокоскоростного деформирования при осадке и штамповке.

Предлагаемый метод дает возможность, используя схему плоского напряженного состояния при ударе, которая может быть осуществлена в плоскости симметрии составного призматического образца с отношением высоты к ширине $H:2B=1:1$, определить поле напряжений в этой плоскости, не прибегая к сложным измерениям, а лишь используя координатную сетку, нанесенную на плоскость стыковки (симметрии).

Для определения напряженного состояния вдоль оси призматического образца при ударе о гладкую жесткую плиту воспользуемся приближенным решением уравнений движения [1], [2]:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = \rho a_x, \tag{1}$$

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = \rho a_y.$$

При плоском пластическом ударе о жесткую плиту максимальное сдвигающее напряжение $\tau_{k \max}$ в особой точке контактной поверхности может быть определено [3] :

$$\tau_{k \max} = \mu K_{\sigma} = K_{\sigma} \cdot \cos 2\varphi, \quad (2)$$

где μ - коэффициент трения;
 K_{σ} - предел текучести с учетом упрочнения;
 φ - угол между касательной к линии скольжения, в данной точке в положительном направлении оси OX.

Используя экспериментальное исследование распределения сдвиговых деформаций (γ_{xy}) при плоском ударе о жесткую плиту, с учетом (2) примем аппроксимацию сдвигающих напряжений в виде

$$\tau_{xy} = \mu K_{\sigma} \frac{xy^3}{8H^3}. \quad (3)$$

Так как ускорение точек, лежащих на контактной поверхности, $a_{y \max} = \text{const}$, то ускорение любой точки образца может быть определено уравнениями

$$a_y = \frac{V_0^2}{2S_y}; \quad a_x = -\frac{\chi \epsilon_y V_0^2}{S_y^2 \sigma_{yx}}; \quad (4, a, б)$$

где V_0 - скорость образца в начальный момент удара;
 S_y - перемещение соответствующей точки образца с координатами x, y относительно контактной поверхности;
 ϵ_y - степень деформации в данной точке;
 $S_{y \max} = H - h$ - разность начальной и конечной высот образца.

Подставляя уравнения (3; 4, а, б) в систему (I) и интегрируя после преобразования, получим

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \rho \frac{V_0^2 \cdot \epsilon_y}{2 \cdot S_y^2 \sigma_{yx}} (B^2 - x^2) + \frac{\mu K_{\sigma}}{2BH^3} (B^2 - x^2) 3y^2; \\ \sigma_y &= \rho \frac{V_0^2}{2} F(y) - \frac{\mu K_{\sigma}}{4BH^3} y^4. \end{aligned} \quad (5)$$

Полагая, что на контактной поверхности $K_{\sigma} = \text{const}$, в точке с координатами $x=0; y=H; \sigma_x = \sigma_2; \sigma_y = \sigma_1$. Уравнения движения этой точки могут быть записаны в виде

$$\sigma_1 + \mu K \sigma \frac{H^4}{4BH^3} = \rho \frac{V_0^2}{2} F(H);$$

$$\sigma_2 + \mu K \sigma \frac{3H^2 B^2}{2BH^3} = \rho \frac{V_0^2}{2} \frac{B^2 \epsilon_H}{S_y^2 \max}. \quad (6)$$

Решая систему уравнений (6) совместно с уравнением пластичности [4]

$$\sigma_1 - \sigma_2 - 2K\sigma = 0, \quad (7)$$

получим для образца и размерами $H = 2B$

$$K\sigma = \frac{4}{8+5\mu} \rho \frac{V_0^2}{2} \left(F(H) - \frac{\epsilon_H B^2}{S_y^2 \max} \right) \quad (8)$$

Подставляя уравнение (8) в систему (5) для точек, лежащих на оси симметрии ($x = 0$), можно записать

$$\sigma_1 = \rho \frac{V_0^2}{2} F(y) - \frac{4\mu}{8+5\mu} \rho \frac{V_0^2}{2} \left(F(H) - \frac{\epsilon_H B^2}{S_y^2 \max} \right) \frac{y^4}{4BH^3};$$

$$\sigma_2 = \rho \frac{V_0^2 \epsilon_H B^2}{2 S_y^2 \max} + \frac{4\mu}{8+5\mu} \rho \frac{V_0^2}{2} \left(F(H) - \frac{\epsilon_H B^2}{S_y^2 \max} \right) \frac{3y^2}{2BH^3} B^2.$$

Значение сопротивления деформации или динамического предела текучести с учетом схемы напряженного состояния в точках, лежащих на оси симметрии, может быть определено как

$$\sigma_y = \sigma_1 - \sigma_2 = \rho \frac{V_0^2}{2} \left[\left(F(y) - \frac{\epsilon_H B^2}{S_y^2 \max} \right) - \right. \\ \left. - \frac{4\mu}{8+5\mu} \left(F(H) - \frac{\epsilon_H B^2}{S_y^2 \max} \right) \cdot (y^2 + 6B^2) \frac{y^2}{4BH^3} \right]. \quad (10)$$

Принимая $A = \frac{B^2}{S_y^2 \max}; \quad C = \frac{\mu}{(8+5\mu)BH^3};$

уравнение (10) может быть представлено в виде

$$\varepsilon_y = \rho \frac{V_0^2}{2} \left[(F(y) - A\varepsilon_y) - C(F(H) - A\varepsilon_H)(y^2 + \delta B^2) \right] \quad (11)$$

Функции $F(y) = \int_0^y \frac{dy}{S_y}$; $F(H) = \int_0^H \frac{dy}{S_y}$ могут быть вычислены графическим интегрированием зависимости $S = f(y)$. Значения ε_y и ε_H определяются замером координатной сетки. Величина $\mu = \cos 2\varphi$ определяется из соотношения $\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{\varepsilon_y - \varepsilon_x}{\gamma_{xy}}$, а $\varepsilon_y, \varepsilon_x, \gamma_{xy}$ вблизи особой точки — по деформации координатной сетки.

л и т е р а т у р а

1. К и ч а н о в Л.М. Основы теории пластичности. М., "Наука", 1969.
2. А л е к с а н д р о в Е.В., С о к о л о в с к и й В.Б. Прикладная теория и расчет ударных систем. М., "Наука", 1969.
3. М а к у ш о к Е.М., М а т у с е в и ч А.Е., С е в е р д е н к о В.П., С е г а л В.М. Теоретические основыковки и горячей объемной штамповки. Минск, "Наука и техника", 1968.
4. С т о р о ж е в М.В., П о л о в Е.А. Теория обработки металлов давлением. М., Машгиз, 1969.

О КОЭФФИЦИЕНТЕ ТРЕНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ УДАРЕ

В настоящей работе для выявления изменения коэффициента трения при высокоскоростном деформировании использован пластический удар плоского образца.

Составной призматический образец, между половинками которого в плоскости симметрии устанавливалась тонкая пластинка того же материала с нанесенной на нее координатной сеткой, деформировался в штампе для плоской деформации. Регистрировалась сдвиговая деформация, характеризующаяся углом сдвига γ_{xy} .

Используя метод независимости действия сил определялось напряжение сдвига τ_{xy} , которое в соответствии с [1] может быть представлено уравнением

$$\tau_{xy} = G' \gamma_{xy}, \quad (1)$$

где G' - модуль деформации второго рода.

Далее определялся истинный коэффициент трения, который, как указано в работе [2], называется отношением сдвигающего напряжения τ_k в точке контактной поверхности к максимальному сдвигающему напряжению τ_{max} , действующему в этой точке, т.е.

$$\mu = \frac{\tau_k}{\tau_{max}}. \quad (2)$$

Если за точку контактной поверхности принять особую точку, то

$$\mu = \frac{\tau_k}{K}, \quad (3)$$

где $2K = \sigma_s$ - предел текучести.

Очевидно, что в любой точке контактной поверхности образца шириной $2B$ без учета упрочнения вдоль этой поверхности

$$\mu = \tilde{\tau}_k \frac{B}{\chi K}. \quad (4)$$

Используя зависимость между напряжениями и деформациями (I), истинный коэффициент трения может быть выражен как

$$\mu = \frac{G' \gamma_k}{G' \gamma_{\max}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_{\max}} \quad (5)$$

Полагая, что γ_{\max} для данного материала есть величина постоянная, изменение коэффициента трения в зависимости от скорости деформирования может быть выражено отношением

$$\frac{\mu_{\text{дин}}}{\mu_{\text{ст}}} = \frac{\gamma_k \text{ дин}}{\gamma_k \text{ ст.}} \quad (6)$$

где $\mu_{\text{дин}}$; $\mu_{\text{ст}}$ - коэффициенты трения при ударе и статическом деформировании;

$\gamma_k \text{ дин}$; $\gamma_k \text{ ст.}$ - углы сдвига в соответствующих точках координатной сетки при ударе и статическом деформировании.

Для определения угла сдвига при ударе деформировались два образца с одной и той же скоростью. Один из образцов деформировался гладкой, другой - шероховатой плитой. Методом зеркального построения измерялись сдвиговые деформации вблизи контактной поверхности γ_{xy}^I у образцов, деформированных гладкой плитой, и γ_{xy}^II - шероховатой. Истинная сдвиговая деформация при ударе о шероховатую плиту определялась как

$$\gamma_k \text{ дин} = \gamma_{xy}^I - \gamma_{xy}^II \quad (7)$$

Статическая деформация образца проводилась в том же штампе осадкой одной шероховатой плитой. Общая степень деформации при осадке равнялась удвоенной степени деформации при ударе, что в обоих случаях соответствовало равной степени деформации при контактного слоя. Замерялся угол сдвига в соответствующих точках слоя $\gamma_k \text{ ст.}$ В таблице I приведены значения углов сдвига и отношение коэффициентов трения при ударе и статическом деформировании в точках контактной поверхности деформированных свинцовых образцов, расположенных на расстоянии 2 мм друг от друга от оси до боковой поверхности.

Т а б л и ц а I

Значение углов сдвига в точках контактной поверхности при динамическом и статическом деформировании

Углы сдвига и отношение коэффициентов трения	Точки контактной поверхности						
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я
γ_k дин ряд	0,062	0,176	0,255	0,360	0,440	0,545	0,562
$\gamma_{ст}$ ст ряд	0,044	0,115	0,167	0,220	0,324	0,342	0,360
$\frac{\mu}{\mu_{ст}}$ дин ст	1,4	1,5	1,52	1,63	1,35	1,58	1,55

Материал образцов - свинец марки С I, размеры сечения $28 \times H = 30 \times 30$ мм. Начальная скорость удара - 27 м/сек, скорость статического деформирования - 10 мм/мин.

Как видно из таблицы, динамический коэффициент трения выше статического. Действительно, коэффициент трения есть физическая константа двух соприкасающихся поверхностей. Всякие изменения коэффициента трения могут быть вызваны изменением свойств контактируемых поверхностей. Очевидно, в данном случае при ударе произошел нагрев контактной поверхности, что привело к изменению свойств свинца и почти не отразилось на стальной нагретой плите. Повышение температуры привело к увеличению коэффициента трения.

Л и т е р а т у р а

1. С т о р о ж е в М.В. П о п о в Е.А. Теория обработки металлов давлением. М., Машгиз, 1957.

2. М а к у ш о к Е.М., М а т у с е в и ч А.Е., С ъ е р д е н к о В.П., С е г а л В.М. Теоретические основыковки и горячей объемной штамповки. Минск, "Наука и техника", 1968.

УДК 539.374:531.66

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ КОРОТКИХ МЕДНЫХ
СТЕРЖНЕЙ ПРИ УДАРЕ ИХ О ЖЕСТКУЮ ПЛИТУ

Ударные способы обработки материалов все чаще используются для пластического деформирования металлов и сплавов. Быстропротекающие процессы ударного пластического течения характеризуются повышенным сопротивлением деформированию и значительной неравномерностью развития деформаций [1]. В то время как упруго-пластическое деформирование при ударе длинных стержней исследовано равномерно [2], работ по экспериментальному и теоретическому изучению ударных пластических деформаций мало.

Целью настоящей работы явилось экспериментальное изучение распространения больших пластических деформаций в коротких цилиндрических образцах из меди при ударе их о жесткую плиту.

В качестве материала для исследования была выбрана медь марки М1, из прутков которой были выполнены, а затем отожжены образцы диаметром $D = 20$ мм и длиной $H = 40, 60, 80$ мм с отношением соответственно $H/D = 2; 3; 4$.

Высокоскоростное ударное деформирование проводилось на специальном копре, образцы в котором разгонялись до определенных скоростей и ударялись о жесткую, предварительно термически обработанную стальную плиту. Замеры скоростей удара производились катодным двухлучевым осциллографом ОС-17 М. Скорость удара изменялась в пределах 40–230 м/сек. Деформированные образцы измерялись в приборе, снабженном индикаторами, дававшим точность замеров по диаметру 0,01 мм и по высоте 0,1 мм.

Замеры показали, что ударная пластическая деформация охватывает в исследованном диапазоне указанных параметров 94–98% всего объема образца.

Анализ распределения деформаций позволил выделить характерные участки на каждом образце: участок активного приконтактного течения, участок с ярко выраженным влиянием упрочнения и участок без заметного влияния упрочнения. Длина участков и величина степени деформации на каждом из них определяется скоростью удара и отношением H/D . Такое распределение деформаций по длине образца позволяет представить картину их развития в процессе удара следу-

шим образом: в начале удара распространение пластической деформации определенной интенсивности идет вдоль стержня с постоянной скоростью согласно известному равенству [2] :

$$C_n = \sqrt{\frac{1}{\rho} \frac{d\sigma}{d\varepsilon}},$$

где C_n - скорость распространения пластической деформации;
 ρ - плотность материала;
 $d\sigma/d\varepsilon$ - интенсивность пластической деформации.

(Численное значение скорости распространения пластической деформации в меди было установлено опытами, описанными в работе [3]).

После прохождения пластической волны начинается развитие пластической деформации в рассматриваемом объеме, приводящее к упрочнению материала и повышению сопротивления деформированию. Развитие деформации замедляется в данном объеме, однако незначительно деформируются соседний, более удаленный от ударяемого конца образца участок, так как там уже прошла пластическая волна. Тепловой эффект от такого развития деформации по всему образцу незначителен, кроме того, высокий коэффициент теплопроводности не способствует локализации нагрева, за исключением приконтактной зоны. Описанный механизм развития деформаций в пластичных медных образцах с учетом физических характеристик меди позволяет объяснить распространение деформации по всему объему образца в широком диапазоне скоростей удара.

Л и т е р а т у р а

1. С е в е р д е н к о В.П. и др. Сб. "Пластичность и обработка металлов давлением". Минск, "Наука и техника", 1968.
2. К л е п а ч к о Я. "Механика", 1971, № 6.
3. Ч а й к в а В.А. и др. Сб. "Металлургия". вып. I, БИИ. Минск, 1970.

УДК 621.983.4:534.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМАЗОК ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ВЫДАВЛИВАНИИ

Предположения о положительном влиянии прерывистого режима нагружения на эффективность смазки выказывались неоднократно, тем не менее экспериментальных исследований поведения смазки в условиях пульсирующего нагружения крайне недостаточно [1,2].

При вибрационном деформировании с гарантированной разгрузкой обрабатываемой заготовки происходит не только разрушение мест холодного схватывания, но и возобновление выдавленного слоя смазки; при этом величина контактного трения резко падает [2]. Более того, смазка за счет разрушения контактов прилипания все время покрывает свежedeформированные поверхности металла, свободные от окислов, что при условии наличия в ней полярных (реактивных) компонентов приводит к образованию "металлического мыла" на поверхности контакта. Поэтому для получения максимального эффекта смазки необходима гарантированная разгрузка заготовки и отрыв контактных поверхностей друг от друга.

Целью настоящей работы явилось изучение эффективности действия смазок в условиях различных вибрационных режимов нагружения при холодном выдавливании (прямом и обратном).

Эксперименты проводились на специальной установке [3], позволяющей исследовать различные параметры колебаний (частота 10, 5-50 гц; амплитуда 0,15 + 0,7 мм). Последние подводились непосредственно к пуансону, нижняя плита штампа (в матрице) во всех экспериментах двигалась со скоростью 30 мм/мин. По ходу экспериментов осуществлялась запись действующих усилий с помощью усилителя В-АНЧ-7 и шлифового осциллографа Н-700.

Для исследований были выбраны вазелиновое и касторовое масла, свиной жир и олеиновая кислота. Материал образцов - свинец, алюминий А1 и медь МВ. Начальные геометрические размеры: $D = 12$ мм и $H = 12$ мм.

Сравнение полученных результатов осуществлялось по величине максимальных усилий, возникающих при выдавливании с указанными смазками в исследованных режимах нагружения с одной и той же степенью деформации. Внес эффективность каждой смазки в условиях обычного (статического) режима деформирования и с наложением ко-

лебаний, можно было судить об эффективности последних.

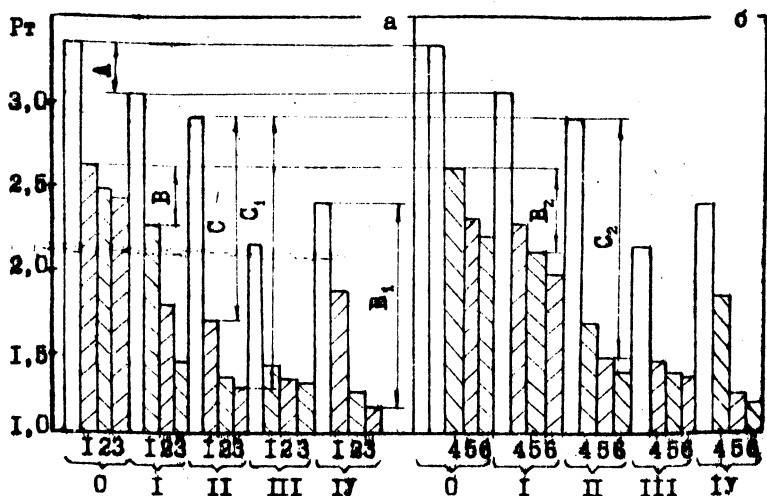


Рис. I. Зависимость эффективности смазок при вибрационном выдавливании от амплитуды (частота 12,5 гц) (а) и частоты (амплитуда 0,3 мм) (б) колебаний инструмента

Степень деформации $\epsilon = 50\%$.

0 - деформирование без смазки.

Смазки: I - вазелиновое масло; II - касторовое масло;

III - свиной жир; IV - олеиновая кислота.

Амплитуды: 1 - 0,3; 2 - 0,5; 3 - 0,7 мм.

Частоты: 4 - 12,5; 5 - 25; 6 - 50 гц.

На рис. I в качестве примера представлены результаты экспериментов по обратному выдавливанию алюминиевых образцов (степень деформации 50%). По горизонтальной оси здесь отложены номера исследованных смазок (римские цифры), номера начальных амплитуд пуансона (рис. I, а) и частот подводимых колебаний (рис. I, б, арабские цифры); по вертикальной оси указано максимальное усилие при выдавливании. Незаштрихованные столбики в масштабе определяют усилие деформации при статическом режиме нагружения, а заштрихованные - при вибрационных. Для упрощения чертежа эффективность смазок в зависимости от амплитуды показана только для частоты 12,5 гц; а влияние частоты - для одного значения начальной амплитуды (0,3 мм).

Величина А, являющаяся разностью усилий при выдавливании

без смазки и с каждой из исследованных смазок, определяет их эффективность в условиях обычного режима деформирования. Величина $V(V_1, V_2)$ определяет эффективность смазок при вибровыдавливании в исследованных режимах нагружения. Величина $C(C_1, C_2)$ характеризует эффективность подводимых колебаний для каждого конкретного случая обработки.

Данные экспериментов свидетельствуют о заметном влиянии величины амплитуды на эффективность смазок, особенно для касторового масла и олеиновой кислоты ($C_1 > C$ и $V_1 > V$, рис. I, а). Увеличение частоты подводимых колебаний (рис. I, б), приводит к повышению эффективности смазок при минимальных амплитудах ($V_2 > V$, $C_2 > C$).

Таким образом, при вибрационном выдавливании, исходя из общего улучшения действия смазок, требования к качеству последних могут быть уменьшены. Кроме того, использование смазок (особенно реактивных) позволяет вести обработку при меньших значениях параметров подводимых колебаний, что выгодно во всех отношениях.

Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.П., Лябунов В.А. Докл. АН БССР /IX/, № 12, 1965.
2. Северденко В.П., Добровольский И.Г. Докл. АН БССР, /XIII/, № 8, 1969.
3. Северденко В.П., Добровольский И.Г. "Изв. АН БССР", серия физико-технич. наук, № 3, 1968.

УДК 621.777:534.8

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННОГО НАГРУЖЕНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПРИ ОБРАТНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ

Полученные различными авторами [1-3] результаты экспериментальных исследований процессов вибрационного деформирования показывают, что снижение сопротивления деформированию пластически обрабатываемого металла может быть в основном объяснено изменением контактных условий в очаге деформации при вибронгружении. Однако литературные данные по количественной оценке получаемого эффекта весьма противоречивы. В большинстве случаев уменьшение сил трения на контактных поверхностях при виброобработке характеризуется косвенно (либо уменьшением выпучивания образцов при осадке, либо получением более однородной деформации при вибрационном прессовании и т.п.).

В настоящей работе сделана попытка непосредственного экспериментального замера действующего ("эффективного") коэффициента трения при холодном обратном выдавливании в условиях вибрационного нагружения и при обычном ("статическом") деформировании.

Обратное выдавливание осуществляли на специальной установке, описанной в работе [4].

Коэффициент трения определяли с помощью радиальной и наклонной точечных мездоз, встроенных в матрицу для обратного выдавливания. Угол наклона между мездозами составлял $26^{\circ}34'$, что упрощало их конструктивное расположение в матрице и облегчало последующий расчет. Мездозы монтировали в диаметрально противоположных точках матрицы так, чтобы концы штифтов были расположены в одной плоскости, перпендикулярной оси матрицы.

Коэффициент трения без учета трения штифта в канале матрицы определяли по формуле [5]

$$\mu = \left(1 - \frac{P_{\psi}}{P_r}\right) \cdot \operatorname{ctg} \psi,$$

где P_{ψ} - усилие, воспринимаемое наклонной мездозой;
 P_r - усилие, воспринимаемое радиальной мездозой;
 ψ - угол наклона мездозы относительно радиального направления; при принятом $\psi = 26^{\circ}34'$ $\operatorname{ctg} \psi = 2$.

Величины давлений, воспринимаемых точечными месдозами, фиксировали с помощью стандартной тензометрической аппаратуры: усилителя 8-АНЧ-7 и шлейфового осциллографа Н-700. Попутно по ходу процесса осуществлялась запись действующих усилий прессования.

Точечные месдозы предварительно тарировали в специальном устройстве методом непосредственного нагружения. Диаметр штифтов месдоз составлял 1,13 мм.

Исследования по влиянию вибрационного нагружения (частота 12,5 гц, амплитуды 0,15; 0,3 и 0,5 мм) проводили при обратном прессовании алюминиевых (А1) заготовок (начальные размеры $D = 12$ мм; $H = 12$ мм) со степенью деформации $\epsilon = 50\%$ при вибрации пуансона, закрепленного в верхнем полустампе. Смазка - машинное масло. Скорость движения (подъема) нижнего полустампа во всех случаях статического и вибрационного выдавливания оставалась равной 30 мм/мин.

Расшифровка снятых осциллограмм показала существенное снижение при вибровыдавливании как общего усилия деформирования, так и радиальных давлений, фиксируемых горизонтальной месдозой. Естественно, снизились и давления, воспринимаемые наклонной месдозой.

Уменьшились и величины коэффициента трения, определенного по вышеприведенной формуле (для установившегося процесса выдавливания).

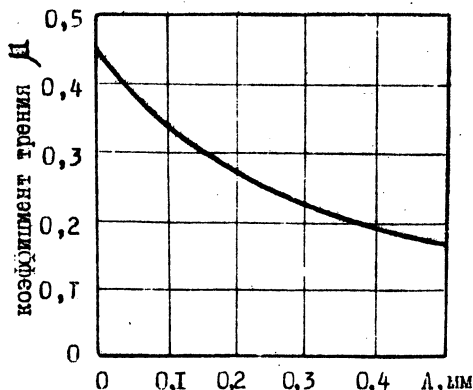


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения при обратном выдавливании в условиях вибронгружения от амплитуды (частота 12,5 гц; степень деформации $\epsilon = 50\%$)

Следует отметить, что характер кривой, иллюстрирующей падение коэффициента трения при виброобработке (рис.1), свидетельствует о существенной роли амплитуды колебаний инструмента. С увеличением последней растет степень разгрузки деформируемой заготовки и, следовательно, в большей мере облегчаются контактные условия. Отсюда и значительно меньшая величина коэффициента трения по сравнению со статической обработкой.

Л и т е р а т у р а

1. З а л е с с к и й В.И., М е н д ы б а е в О.С. "Изв. вузов СССР - Черная металлургия", 1967, № II.
2. П о т у р я е в В.Н., М и р о н ю к А.Ф. Сб. "Проблемы вибрационной техники". Киев, "Наукова думка", 1970.
3. С е в е р д е н к о В.П., Д о б р о в о л ь с к и й И.Г., Б у л а х В.Н. "Изв. АН БССР", серия физико-технич. наук, № I, 1971.
4. С е в е р д е н к о В.П., Д о б р о в о л ь с к и й И.Г. "Изв. АН БССР", серия физико-технич. наук, № 3, 1968.
5. С е в е р д е н к о В.П., Л а б у н о в В.А. Докл. АН БССР, /XI/, 1967, № I2.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ПРИ
ВЫРУБКЕ-ПРОБИВКЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

В технической литературе содержится мало данных о коэффициентах трения при разделительных операциях листовой штамповки. Указывается, что величина коэффициента трения может быть принята от 0,18 до 0,35. Данные о коэффициентах трения при разделительных операциях с наложением вибраций вообще отсутствуют. Поэтому целью настоящей работы было исследование влияния ультразвуковых колебаний на коэффициент трения между рабочей поверхностью инструмента и заготовкой при вырубке-пробивке листовых материалов в зависимости от толщины материала при постоянном зазоре, амплитуды колебаний и рода смазки. Продольные колебания подводились у пуансона, очаг деформации располагался в пучности смещений. Исследования проводились со смазкой и без смазки образцов.

Коэффициент трения в зоне деформации определяли методом двух точечных месдоз, одна из которых нормальна к поверхности среза, а другая наклонена под некоторым углом α_n . Тогда коэффициент трения

$$\mu = \left(1 - \frac{P_{\psi}}{P_r}\right) \cdot \operatorname{ctg} \alpha_n,$$

где P_{ψ} и P_r — соответственно показания наклонной и нормальной месдоз.

Угол α_n был принят $26^{\circ}34'$; тогда $\operatorname{ctg} \alpha_n = 2$.

Эксперименты проведены на гидравлической испытательной машине усилием до 30 тс, на которой устанавливался штамп и магнито-стрикционный преобразователь ПМС-7А, подсоединенный к ультразвуковому генератору УЗК-10У. Показания точечных месдоз через тензометрический усилитель ТА-5 фиксировали осциллографом Н-700.

Исследования проводились на меди МЗ, алюминии АВА-М и стали 20 толщиной от 0,5 до 4 мм. Предварительно образцы отжигались.

Эксперименты показали, что при наложении ультразвуковых колебаний и постоянном зазоре между матрицей и пуансоном, равном 10%, коэффициент трения уменьшается, например, для меди на 16-25%, причем меньшее значение соответствует большей толщине образца.

С увеличением амплитуды колебаний торца пуансона (в ненагруженном состоянии с 0,018 до 0,034 мм) коэффициент трения уменьшался, например, для алюминия с 0,25 до 0,17, для меди с 0,18 до 0,13.

В качестве смазок были использованы олеиновая кислота, свиной жир, машинное масло.

Результаты экспериментов показали, что смазки незначительно влияют на коэффициент трения при вырубке-пробивке в ультразвуковом поле, в среднем снижся его на 5-8%. Несколько большее снижение (около 14%) установлено при применении в качестве смазки свиного жира и напряжении на выходе генератора 420-460в.

Анализ полученных в работе данных позволяет сделать следующие выводы: эффект от воздействия ультразвука на контактное трение между инструментом и заготовкой при вырубке-пробивке с увеличением толщины материала уменьшается; с увеличением амплитуды колебаний коэффициент трения уменьшается; применение смазки существенного влияния на коэффициент трения при вырубке-пробивке не оказывает.

УДК 621.961:621.9.048

О ВЛИЯНИИ АМПЛИТУДНО-СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ
НА ПРОЦЕСС ВЫРУБКИ И ПРОБИВКИ

Применение ультразвуковых колебаний при вырубке и пробивке листовых материалов позволяет получить ряд положительных результатов, одним из которых является снижение статического усилия деформации [1,2]. В общем случае эффективность воздействия ультразвука на процесс пластической деформации определяется условиями ввода колебательной энергии в очаг деформации, прочностными и акустическими свойствами деформируемого материала, величиной амплитуды смещения и другими факторами [3]. Для процесса вырубki и пробивки характерным является то, что влияние как акустических, так и технологических параметров на снижение усилия деформации зависит от ее стадии, т.е. от хода пунсона. Например, величина амплитуды смещения будет уменьшаться определенным образом в процессе деформации из-за значительной расстройки волноводно-излучающей системы и возникающих при этом потерь колебательной энергии в пассивных элементах крепления волноводно-излучающей системы. В этом случае дать оценку эффективности снижения усилия деформации в зависимости от амплитуды смещения, учитывая характер ее изменения, представляется сложной задачей. Однако она разрешима, с достаточной для практики точностью если предположить, что характер амплитуды смещения A зависит от хода пунсона X . Тогда можно сказать, что имеют место два характерных ее значения $A = A_0$ при $X = 0$, когда волноводно-излучающая система находится в свободном состоянии и $A = A_{min}$ при $X > 0$, когда система нагружена. Вероятно, значение A_{min} является параметром, наиболее достоверно раскрывающим эффективность воздействия ультразвука на процесс пластической деформации по сравнению со значением A_0 .

В данной работе проведено исследование характера и величины изменения амплитуды смещения на режущих кромках вырубного пунсона, возбуждаемого продольными колебаниями, и статического усилия деформации, а также установлена взаимосвязь этих параметров в разделительных операциях на примере вырубki и пробивки листовых материалов.

Для проведения исследований была собрана установка на базе

гидравлической машины с номинальным усилием 30 тс. В работе использовали генератор УЗГ-10-22, преобразователь ПМС-15А, датчик амплитуды смещения и силоизмерительное устройство.

Исследование характера и величины изменения амплитуды смещения заключалось в определении этих параметров в зависимости от хода пуансона при пробивке образцов из стали 20мп. Одновременно регистрировали изменение усилия деформации. Полученные данные показывают, что значение амплитуды смещения A резко уменьшается от $A_0 = 0,025$ мм до $A_{min} = 0,002$ мм, затем остается примерно постоянным на протяжении 80% хода пуансона и снова возрастает до исходного значения после завершения пробивки. Таким образом, процесс пластической деформации протекает при воздействии ультразвука с амплитудой смещения, равной 0,002 мм. При этом снижение усилия деформации составило 24%. Характерно, что резкое снижение амплитуды смещения наблюдается при усилиях деформации, больших 100 + 150 кгс, и сопровождается значительным увеличением частоты колебаний — на 1,5 + 2 кгц больше резонансной. Повидимому, это явление обусловлено увеличением скорости распространения ультразвука в звеньях волноводно-излучающей системы, подвергнутых статическому сжатию [4].

Исследование зависимости максимального усилия деформации от величины смещения, равной A_{min} , при пробивке образцов из стали 0,8 КП и алюминия А00 показывает, что с уменьшением величины A_{min} эффективность воздействия ультразвука падает. Так, для стали при $A_{min} \leq 0,001$ мм снижения усилия не наблюдалось, в то время как при $A_{min} = 0,006$ мм оно составило 62%. Аналогичная зависимость была установлена для алюминия, где максимальный эффект снижения усилия достигал 85% при $A_{min} = 0,008$ мм и отсутствовал при $A_{min} \leq 0,0005$ мм. В ходе исследований было также установлено, что удельное сопротивление срезу значительно уменьшается при увеличении A_{min} .

Однако увеличение A_{min} выше предельных значений (0,008-0,010мм) связано с известными трудностями и может быть достигнуто в определенных условиях, которые в настоящее время исследуются. Полученные результаты показывают целесообразность таких исследований и перспективность применения ультразвука в процессе вырубки и пробивки.

Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.Л., Пащенко В.С., Баранов И.С. "Промышленность Белоруссии", 1970, № 12.
2. Северденко В.Л., Шустер Я.Б. "Изв. АН БССР" сер. физико-технич.наук, № 3, 1970.
3. Источники мощного ультразвука. Физика и техника мощного ультразвука. Под общ.ред. Л.Д.Розенберга. М., "Наука", 1967.
4. Бражников Н.И. Ультразвуковые методы. М., "Энергия", 1965.

УДК 621.981:621.9.048

КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ ИЗОГНУТЫХ С НАЛОЖЕНИЕМ
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

В настоящей работе представлены результаты по влиянию ультразвуковых колебаний на качество деталей, получаемых гибкой.

Исследование проводили на универсальной испытательной машине типа ЦДМПУ-10. Источником ультразвуковых колебаний служил генератор типа УЗГ-10У и магнитострикционный преобразователь ПМС-7А. Частоту колебаний контролировали частотомером ИЧ-7. Об интенсивности ультразвуковых колебаний судили по их амплитуде на торце инструмента в ненагруженном состоянии, которую замеряли рычажным многооборотным индикатором с ценой деления 0,001 мм. Усилие деформирования регистрировали силомерным устройством испытательной машины с одновременной записью осциллографом Н-700.

При деформировании ультразвуковые колебания полуволновой длины возбуждали в гибочном пуансоне, который с помощью резьбового соединения крепили к торцу магнитострикционного преобразователя. Матрицу закрепляли в резонансном отражателе. Крепление инструмента производили в узлах колебательной скорости.

Для создания идентичных условий гибки на испытательной машине устанавливали конечные выключатели и упоры, позволявшие автоматизировать процесс управления машиной и ультразвуковым генератором.

Исследования проводили на образцах из стали (ст.3, сталь 10, сталь 45) и латуни Л-62Г и Л-62М толщиной 2;3 и 4мм. Перед деформацией заготовки подвергали отжигу.

Гибку с углом 60; 90 и 120° проводили в $\sqrt{\quad}$ - образном штампе. Радиус закругления пуансона составлял 1; 3; 7; 10; 20 и 30мм.

Инструмент изготавливали из стали 45 без термической обработки. Длину пуансонов и матриц принимали из условий создания резонансной системы.

О влиянии схемы подвода ультразвуковых колебаний в очаг деформации на усилие деформирования судили по диаграмме "усилие - ход пуансона", получаемой в процессе гибки. На диаграмме можно установить наличие трех областей деформаций: упругого и пласти-

ческого изгиба, а также чешуйки.

Анализ диаграмм показывает, что весьма важным является момент наложения ультразвука. Для определения оптимального варианта образцы предварительно озвучивали перед деформацией, во время упругой деформации металла и в процессе его пластического изгиба.

Было установлено, что наложение ультразвуковых колебаний эффективно в тех случаях, когда напряжения в материале достигали предела текучести. Усилия деформации в этом случае снижались 40%. Предварительное озвучивание и озвучивание во время упругой деформации не вызывает снижения сопротивления деформации.

Было установлено, что при деформации металла гибкой в обычных условиях максимальная твердость, соответствующая наибольшему упрочнению материала, наблюдается в наружных слоях металла. Внутренние слои не меняют своей твердости. Распределение твердости по толщине образцов при этом крайне неравномерное, что, естественно, вызывает ухудшение эксплуатационных качеств изогнутых деталей. При наложении ультразвуковых колебаний это неравномерное распределение твердости выравнивается.

Исследования влияния ультразвуковых колебаний на величину остаточных напряжений I-го рода при гибке V - образных образцов производили методом послойного снятия металла электрохимическим травлением.

Остаточные напряжения, выраженные через угол пружинения и полученные при гибке образцов из стали 45 толщиной 2мм с радиусом закругления пуансона 7мм, приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Сравнительные данные остаточных напряжений I-го рода

Амплитуда колебаний, мм	Время травления, мин.				Угол пружинения $\Delta\alpha$ после травления в течение 30 мин.
	0	10	20	30	
0	95°10'	96°18'	97°42'	98°50'	3°40'
0,005	94°46'	96°30'	97°14'	98°16'	3°29'
0,010	94°28'	95°12'	96°08'	97°28'	3°00'
0,015	93°54'	94°20'	95°06'	95°50'	2°00'
0,020	93°26'	94°08'	94°36'	95°00'	1°35'

Таким образом, в условиях опыта после гибки с ультразвуком происходит снижение остаточных напряжений I-го рода приблизительно в 1,3 - 2,3 раза по сравнению с гибкой в обычных условиях.

УДК 539.4.014.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ I-ГО РОДА
В ДЕТАЛЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ ГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКОЙ

При вытяжке листового металла трение на рабочей поверхности матрицы создает заторможенный слой, деформация которого по сравнению со слоем, прилегающим к пуансону, затруднена. Вследствие неоднородности деформации возникают дополнительные напряжения I-го рода, которые остаются в готовой детали и являются остаточными.

В основе аналитического определения таких остаточных напряжений лежит теорема о разгрузке, сформулированная А.А.Ильшиным [1], согласно которой эти напряжения равны разности напряжений в теле, находящемся под воздействием внешне приложенных сил при его пластическом и упругом поведении.

Радиальные растягивающие напряжения при вытяжке можно определить по известной формуле [2]:

$$\sigma_1 = \sigma_s A' (1 + \mu) ,$$

$$A' = \rho \pi \frac{R_n}{R_u} + \frac{M Q}{\pi R_n S \sigma_s} + \frac{S}{2z_m + S} , \quad (1)$$

где σ_s - предел текучести материала с учетом пружинения;

R_n - наружный радиус фланца в данный момент;

R_u - радиус средней поверхности изделия;

Q - усилие прижима;

S - толщина материала;

z_m - радиус закругления матрицы;

μ - коэффициент трения.

Напряжения, вызываемые трением на радиусе закругления матрицы, распределяются по толщине образца неравномерно. Со стороны матрицы они имеют максимальную величину, а со стороны пуансона влияние сил трения, очевидно, не сказывается. Авторами было установлено, что экспериментальные данные хорошо описываются функцией вида

$$\sigma_1''(x) = \sigma_1''(\max) \cdot e^{-kx^2} , \quad (2)$$

где $\sigma_1^*(x)$ и $\sigma_1^*(max)$ — соответственно значения напряжения, вызываемых силами трения, в любом слое и на поверхности, соприкасающейся с матрицей;

e — основание натуральных логарифмов;

x — расстояние слоя от наружной поверхности;

k — коэффициент.

Учитывая равенство площадей эпюр напряжений, вызываемых силами трения, при равномерном распределении последних и описываемом функцией (2), определим величину действительного радиального напряжения, действующего при вытяжке в любом сечении:

$$\sigma_{\varphi(1)} = \sigma_s A' (1 + 1,81 \mu S \sqrt{k} \cdot e^{-kx^2}) \quad (3)$$

При упругом поведении материала под воздействием усилия вытяжки радиальные напряжения определяются по выражению (1), т.е. они равномерны по всему сечению. Величину остаточных напряжений I-го рода согласно теореме о разгрузке получим, вычитая (1) из (3):

$$\sigma_{i(1)} = 1,6 \mu \sigma_s A' (1,13 S \sqrt{k} \cdot e^{-kx^2} - 1) \quad (4)$$

Аналогичное выражение получаем при определении остаточных тангенциальных напряжений, используя условие пластичности

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \beta \sigma_s$$

Оценивая выражение (4), приходим к выводу, что величина остаточных напряжений I-го рода в деталях, изготовленных вытяжкой, зависит не только от коэффициента контактного трения, но и от пластических свойств материала, способности его к упрочнению, а также параметров инструмента, изделий и заготовок. Со стороны внешней поверхности в деталях действуют растягивающие осевые и тангенциальные остаточные напряжения; слои, примыкающие к внутренней поверхности, испытывают двухстороннее сжатие.

Экспериментальные исследования этих напряжений по методу колец и полосок [3] показали хорошую сходимость полученных результатов с аналитическими данными.

Л и т е р а т у р а

1. И л ь ю н и н А.А. Пластичность, ч. I. Упруго-пластическая деформация, Гостехиздат, М., 1948.
2. Г у б и н и С.И. и др. Основы теории обработки металлов давлением. Машгиз, М., 1959.
3. Б и р г е р И.А. Остаточные напряжения. М., Машгиз, 1963.

УДК 539.389

ЗАВИСИМОСТЬ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ I-ГО РОДА
ОТ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ

Исследования влияния степени деформации на величину остаточных напряжений при прокатке различных металлов показали, что эти напряжения при увеличении деформации быстро возрастают и достигают максимального значения при степенях деформации $0,2+0,3$ [1-3]. Дальнейшее их увеличение при прокатке приводит к снижению указанных напряжений.

В данной работе исследовалось влияние степени деформации на величину остаточных напряжений I-го рода, возникающих в деталях, полученных глубокой вытяжкой. Напряжения определяли методом снятия слоев электрополировкой с использованием тензодатчиков по методике, изложенной в работе [4]. Исследовали образцы из стали Юкп-ВГ, латуни Л62М и нержавеющей стали IX18N9T, изготовленные вытяжкой за один, два и три перехода. Степень деформации в местах измерения напряжений подсчитывали по изменению размеров координатной сетки, нанесенной на плоскую заготовку.

Установлено, что для латуни Л62М максимум остаточных напряжений I-го рода соответствует степени деформации примерно 0,25, для стали Юкп-ВГ - 0,28 и стали IX18N9T - 0,32.

После максимального значения величина остаточных напряжений значительно уменьшается до степени деформации 0,5, а начиная со степени 0,5-0,6, вновь отмечается увеличение этих напряжений, особенно заметное для латуни.

Вероятно, наличие максимума при низких степенях деформации можно объяснить следующим.

Различно направленные до деформации одноименные оси кристаллитов стремятся при пластическом течении к параллельному положению, совпадающему с каким-то определенным направлением для каждой области поликристалла, в которой деформация может быть принята однородной. Кристаллографические оси отдельных частей зерна, на которые последнее разделяется плоскостями скольжения, стремятся стать в определенное положение относительно осей, в направлении которой происходит наибольшая вытяжка зерна.

При небольших степенях деформации в слоях, прилегающих к контактным

поверхностям, силы контактного трения накладывают определенное ограничение на поворот кристаллографических направлений, в то время как в центральных или лежащих у свободных поверхностей слоях, каковой является поверхность со стороны пуансона в процессе листовой вытяжки, этот поворот происходит более свободно. Очевидно, на этом этапе деформации остаточные напряжения I-го рода возрастают.

По мере того как ориентировка приходит в упорядоченное состояние, со стороны свободной поверхности сопротивление деформации повышается. Повышенное сопротивление деформации со стороны одной поверхности и сопротивление, обусловленное силами контактного трения, с другой начинают взаимно компенсироваться, напряженное и деформированное состояние становится более однородным и остаточные напряжения, уравновешенные между отдельными слоями, снижаются.

С дальнейшим увеличением степени деформации кристаллографические оси в слоях, прилегающих к контактной поверхности, также приходят в упорядоченное состояние, т.е. образуется текстура по всему сечению деформируемого металла. Когда сопротивление деформированию, обусловленное ориентировкой кристаллографических осей, становится одинаковым по всему сечению, можно снова обнаружить влияние сил трения со стороны контактной поверхности и вторичное увеличение остаточных напряжений I-го рода.

Л и т е р а т у р а

1. Д а в ы д е н и о в Н.Н., Б у г а к о в В. "Вестник металлопромышленности", 1931, № 2.
2. В и т м я н Ф.Ф. Остаточные напряжения, М., Гостехтеориздат, 1933.
3. Б у г а к о в В. ЖТФ, и.П., вып.2, 1932.
4. С е в е р д е н к о В.П., О в ч и н н и к о в П.С. "Известия АН БССР", серия физико-технич. наук, 1971, № 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ
УДЕЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ НА СТЕНКАХ ИНСТРУМЕНТА
ПРИ ПРЯМОМ ВЫДАВЛИВАНИИ

Расчет напряженно-деформированного состояния матриц прямого выдавливания и контейнеров для прессования требует знания величины удельных давлений деформируемого металла на стенки инструмента и закона их распределения по контактной поверхности.

В работе [1] были определены качественные характеристики распределения давления на поверхности контакта заготовки и инструмента при обычном режиме прессования. Полученные данные свидетельствуют о большой неравномерности распределения удельных давлений по высоте матриц прямого выдавливания и о значительной величине последних.

Возможность снижения усилий, действующих при вибрационном выдавливании [2], создает предпосылки для облегчения работы инструмента и повышения его стойкости. Попытки непосредственных измерений величины удельных давлений на стенках матрицы прямого выдавливания и получения сравнительных характеристик закона распределения давлений при обычном и вибрационном способах нагружения [3] свидетельствует о существенном положительном влиянии последнего способа деформирования.

В задачу настоящей работы входило изучение влияния параметров вибрационного нагружения (амплитуды и частоты колебаний деформирующего инструмента) на характер распределения удельных давлений на стенках матрицы прямого выдавливания и определение их величины.

Замер действующих удельных давлений производили с помощью точечных мездоз в специальном приспособлении, описанном в работе [3]. Пуансон, закрепленный в верхнем полустемпе, совершал принудительные колебания с частотами 12,5; 25 и 50 гц. Исследовательные амплитуды находились в пределах от 0,15 до 0,9 мм при частоте 12,5 гц и от 0,15 до 0,7 + 0,5 мм при частотах 25 и 50 гц соответственно.

Деформированию подвергались заготовки из алюминия А1 с начальными размерами $D = 6$ мм и $H = 8$ мм. Степень деформации

составила 55%.

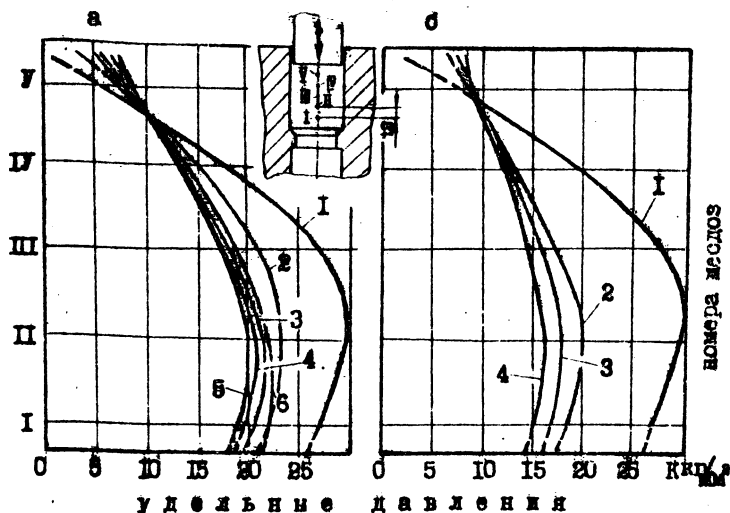


Рис.1. Эпюры распределения давлений на боковых стенах матрицы при прямом выдавливании при статическом и вибрационном режимах деформирования:

а - частота - 12,5 гц; 1 - статический режим деформирования; амплитуды: 2 - 0,15 мм; 3 - 0,30 мм; 4 - 0,50 мм; 5 - 0,70 мм; 6 - 0,90 мм;
 б - амплитуда - 0,5 мм; 1 - тоже; частоты: 2 - 12,5 гц; 3 - 25 гц; 4 - 50 гц.

На рис.1 представлены сравнительные результаты проведенных экспериментов. Эпюры давления металла на стенки матрицы построены на основании обработки осциллограмм, снятых при деформировании пяти заготовок для каждого режима нагружения. Осредненные (максимальные) значения удельных давлений взяты для случая установившегося режима истечения.

Исследования показали, что давление металла на стенки матрицы при прямом выдавливании передается неравномерно в условиях как статического, так и вибрационного нагружения, увеличиваясь от торца образца в направлении от пуансона к матрице (приблизительно до середины заготовки). Значения удельных давлений непосредственно в пояске матрицы не измерялись, а характер их измене-

ная на приведенных эпюрах показан штриховыми линиями на основании выводов работы [1].

Анализ эпюр распределения удельных давлений свидетельствует о существенном выравнивании их по высоте очага деформации, т.е. об уменьшении разности между максимальным и минимальным давлениями на стенки инструмента.

Установлено также, что влияние амплитуды прикладываемых колебаний в исследованном диапазоне параметров незначительно. Однако наблюдается увеличение эффективности минимальных амплитуд колебаний с повышением частоты. С увеличением последней несколько снижаются удельные давления в средней части заготовки (в области максимальных величин). Для каждой частоты существует свой верхний предел оптимальных амплитуд, за которым дальнейшее повышение их задаваемой величины нецелесообразно.

Максимальные величины боковых давлений в случае как статического, так и вибрационного выдавливания составляли 70-80% от действующих осевых.

Подобное существенное выравнивание давлений на боковых стенках матрицы (падении их максимальных значений в средней части заготовки до 35%) должно способствовать более равномерной деформации металла и повышению стойкости инструмента для прямого выдавливания.

Причина положительного влияния вибродеформирования, на наш взгляд, заключается в существенном изменении условий контактного трения по сравнению с обычными способами обработки. Эффект уменьшения вибраций объясняется, в первую очередь, изменением физических и механических свойств приконтактного слоя деформируемого металла, что ведет к облегчению условий контактного трения.

Именно уменьшением трения на поверхности "торец заготовки-инструмент" объясняется некоторый рост удельных давлений у верхнего торца заготовки при виброобработке. Действительно, при вибрации торца пуансона облегчается скольжение слоев обрабатываемого металла по этой контактной поверхности, уменьшается тормозящее действие сил трения, вследствие чего эти слои более интенсивно давят на стенки матрицы, что и приводит к увеличению удельных давлений.

Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.Д., Булах В.Н., Кудер М.Я., Вонарев Е.В., Добровольский И.Г. Сб. "Прогрессивные методы изготовления технологической оснастки". Рига, 1970.

2. Северденко В.П., Добровольский И.Г., Булах В.Н. "Изв. АН БССР", сер. физико-технич. наук, 1971, № 1.

3. Северденко В.П., Пашенко В.С., Добровольский И.Г., Короткевич В. П. Доклады АН БССР, XVI, № 2, 1972.

ОПЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВАЛЬЦОВКЕ КРУГЛЫХ ПОЛОС
В ЯЩИЧНОМ КАЛИБРЕ С ВЫХОДОМ МЕТАЛЛА В ЗАУСЕНЕЦ

Существуют два вида вальцовки, являющиеся разновидностью продольной прокатки — заготовительная, или формовочная вальцовка без выхода металла в заусенец, и штамповочная, или окончательная вальцовка с выходом металла в заусенец. Первый вид вальцовки применяется для получения заготовок простой формы с их последующей механической обработкой либо как способ получения заготовок для последующей объемной горячей штамповки поковок сложной формы на молотах и прессах; второй вид используется взамен молотовой и прессовой штамповки как способ получения поковок различной сложности в окончательный размер для последующей механической обработки.

В настоящей работе рассматривается второй вид вальцовки, который для краткости изложения будем называть просто вальцовкой.

На простых поковках, таких как молоток, зубило, стамеска и др., имеются в сечении участки прямоугольной формы. Калибры для вальцовки этих участков выполнены в ящичной форме. Исходя из этого представляется целесообразным исследовать вальцовку полос в ящичном калибре с выходом металла в заусенец.

Изучением процесса вальцовки, в частности, опережения, занимались многие исследователи [1,2,3,4,5,6]. По данным работ [3,4,5,6] опережение растет с увеличением обхвата и ширины заусенца и уменьшается с увеличением температуры.

Другие выводы делает В.Н.Мартынов [2], согласно данным которого опережение уменьшается с ростом ширины заусенца и увеличивается с повышением температуры. Автор объясняет такое отклонение от известных в литературе положений малой длиной вальцоваемых деталей и резкими перепадами их сечений.

Данные работы [7] удовлетворительно отражают условия установившегося процесса вальцовки при относительно невысоких обхватах и малой ширине заусенца. Так, хорошее согласование опытных данных с расчетными наблюдается для случаев, когда теоретический

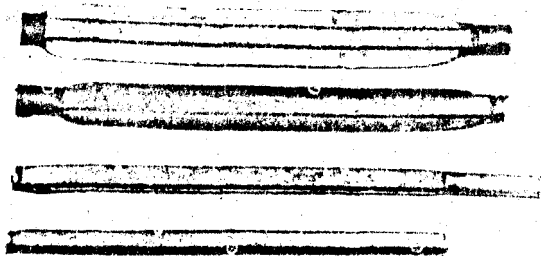


Рис.1. Полосы, вальцованные в ядичном калибре с заусенцем

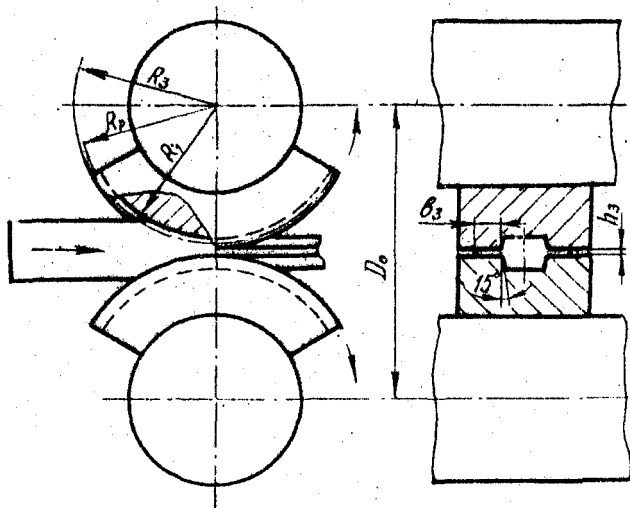


Рис.2. Схема вальцовки с заусенцем

коэффициент вытяжки не превышает двух, т.е.

$$\lambda_T = \frac{F}{F_K} \leq 2,$$

где F - площадь сечения исходной полосы;
 F_K - площадь калибра.

Поэтому приведенная в работе [7] методика расчета калибров может найти лишь ограниченное применение.

При вальцовке встречаются случаи, когда на отдельных участках проковки величина теоретического коэффициента вытяжки оказывается более двух ($\lambda_T > 2$), а заусенец получается шире калибра:

$$\delta_3 > \delta_{KC},$$

где δ_3 - односторонняя ширина заусенца;
 δ_{KC} - ширина калибра, вычисленная по методу соответственной полосы.

Исследования для определения опережения в условиях, когда $1 < \lambda_T < 3$, осуществляли на вальцах С-154 с межосевым расстоянием $D_0 = 550$ мм, имеющих 20 об/мин. Вальцовку круглых заготовок из сталей 35, 50, 40 диаметром от 20 до 50 мм проводили в ящичных калибрах.

Калибры выполняли высотой от 10 до 28 мм и шириной от 16 до 48 мм. Заусенец имел толщину от 2 до 3,5 мм и ширину от 2 до 27 мм. На рис.1 показаны образцы полос с разной шириной заусенца.

Параметры процесса определяли методом соответственной полосы; при подсчете площади сечения полосы учитывался и заусенец. Опережение (рис.2) определялось в пересчете на рабочий радиус по формуле

$$S = \left[\left(\frac{S_1}{100} + 1 \right) \frac{R_1}{R_p} - 1 \right] \cdot 100\%, \quad (I)$$

где R_p - рабочий радиус, равный $R_p = \frac{D - h_{ic}}{2}$;
 S_p - опережение по касательной к дуге рабочего радиуса;
 S_1 - опережение, найденное с помощью кернов, расположенных на дне ручья с радиусом R_1 ;
 h_{ic} - высота соответственной полосы после вальцовки.

Корреляционные связи полученных экспериментальных данных рассчитывали на ЭСМ - 2М по программе "ЛОКОС-1,2".

Из формулы

$$S_p = \gamma_k^2 \frac{R_p}{h_i} \cdot 100\%$$

видно, что опережение при прокатке на гладкой бочке без учета уширения зависит от критического угла γ_k , рабочего радиуса R_p и толщины полосы после прокатки h . Для определения критического угла необходимо знать коэффициент трения, который является функцией многих переменных (химического состава полосы, состояния поверхности калибра, температуры полосы и т.д.).

Сложнее определять опережение при сортовой прокатке с уширением, а тем более при штамповочной вальцовке с выходом металла в заусенец.

Исходя из этого, опережение рассматривалось нами как функция относительной смещенной площади

$$S = \varphi \left(\frac{F_{см}}{F} \right),$$

где S - опережение металла;

$F_{см}$ - смещенная площадь, равная $F_{см} = \Delta h_{нс} \cdot B_{ос}$;

$B_{ос}$ - ширина исходной соответственной полосы;

$\Delta h_{нс}$ - обжатие, подсчитанное по методу соответственной полосы.

Вальцовку производили, используя заготовки круглой формы, у которых

$$B_{ос} = H_{ос} = \sqrt{F},$$

где $H_{ос}$ - высота исходной соответственной полосы.

Тогда

$$F_{см} = \Delta h_{нс} \cdot H_{ос}.$$

Зависимость опережения от параметра $\frac{F_{см}}{F}$ при вальцовке круглых полос на гладкой бочке (рис.3) можно выразить уравнением

$$S_D = 3 \frac{F_{см}}{F} \left(\frac{F_{см}}{F} + 2,14 \right) \% \quad (2)$$

Как отмечалось в работе [7], соотношение размеров межосевого расстояния валков и исходной заготовки оказывает незначительное влияние на процесс вальцовки с выходом металла в заусенец в отличие от вальцовки без выхода металла в заусенец.

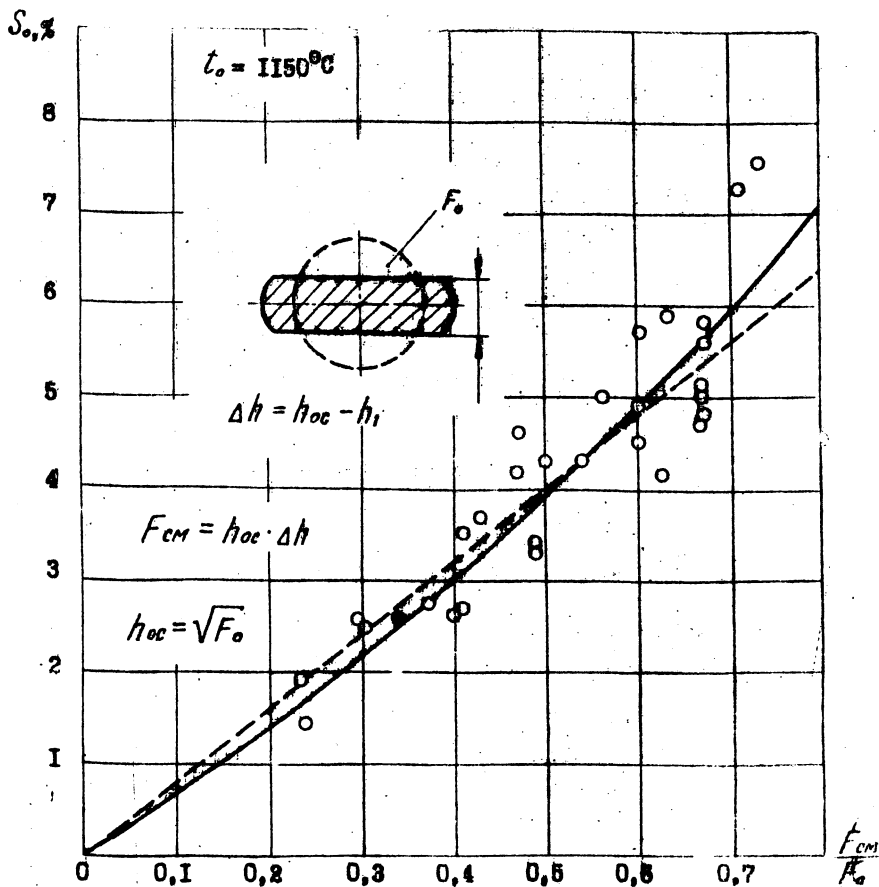


Рис.3. Зависимость опережения от относительной смещенной площади при вальцовке на гладкой бочке

В настоящем исследовании $\frac{D_0}{H_{oc}} = 12 \div 30$.

При вальцовке с заусенцем его размеры влияют на опережение. Однако, кроме заусенца, на опережение при прочих равных условиях влияет еще ширина калибра. Поэтому абсолютная величина заусенца [2,7] является недостаточно универсальным параметром.

Исходя из этого, в настоящей работе опережение рассматривалось в зависимости от параметра $b_3/b_{кк}$. Естественно, чем больше этот параметр, тем больше влияние заусенца на опережение.

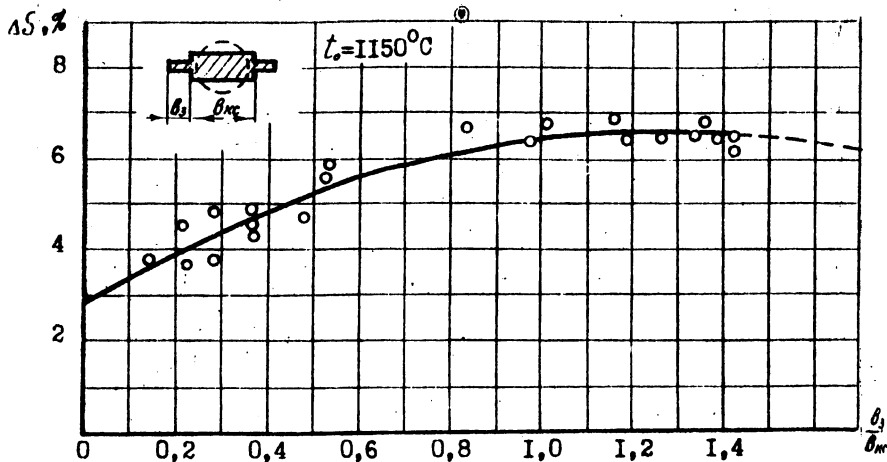


Рис. 4. Приращение опережения в зависимости от отношения ширины заусенца к ширине калибра

На рис. 4 показана зависимость, где по оси абсцисс отложен параметр $b_3/b_{кк}$, а по оси ординат - разность между экспериментальным значением опережения при вальцовке с заусенцем S_p и опережением на гладкой бочке S_0 , вычисленным по формуле (2) при равной относительной смещенной площади $F_{см}/F$, т.е. приращение опережения за счет формы калибра [5] и заусенца:

$$\Delta S_p = S_p - S_0 \quad (3)$$

Указанная зависимость может быть выражена формулой

$$\Delta S_p = \left[2.3 \frac{b_3}{b_{кк}} \left(2.56 - \frac{b_3}{b_{кк}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (4)$$

Исследуя уравнение (4) на максимум (приравняв первую производную нулю), устанавливаем, что максимальный прирост опережения за счет заусенца получается при $b_3/b_{кк} = 1.28$.

Следовательно, до определенного предела увеличение ширины заусенца ведет к росту опережения, что согласуется с выводами С.Н.Филипова [3] и А.П.Чекмарева, Н.М.Санько [5].

При дальнейшем увеличении ширины заусенца либо уменьшении ширины калибра при неизменной ширине заусенца условия приближаются к случаю вальцовки на гладкой бочке, либо в калибре без заусенца. При этом приращение опережения за счет заусенца отсутствует.

Приравнивая правую часть формулы (4) нулю, устанавливаем, что приращение опережения отсутствует, когда

$$\frac{b_3}{b_{кс}} \geq 2,97.$$

Следовательно, имеются условия, выражаемые неравенством $1,28 < b_3/b_{кс} < 2,97$, при которых увеличение ширины заусенца ведет к уменьшению опережения, что согласуется с выводами В.Н.Мартынова [2].

Формула (4) включает в себя оба указанных условия и поэтому является более общей.

В уравнении (4) имеется свободный член, равный 2,8, наличие которого можно объяснить следующим образом. Когда $b_3/b_{кс} = 0$, вальцовка в ящичном калибре происходит без выхода металла в заусенец. В этом случае, согласно работе [5], опережение оказывается несколько большим, чем на гладкой бочке.

Таким образом, при прочих равных условиях свободный член уравнения (4) означает величину прироста опережения при вальцовке в ящичном калибре без заусенца по сравнению с вальцовкой на гладкой бочке.

Подставляя значение S_{01} и ΔS_p в формулу (3) и решая ее относительно S_p , получим

$$S_p = \left[3 \frac{F_{сш}}{F} \left(\frac{F_{сш}}{F} + 2,14 \right) + 2,3 \frac{b_3}{b_{кс}} \left(2,56 - \frac{b_3}{b_{кс}} \right) + 2,8 \right] \% . \quad (5)$$

По этой формуле может быть рассчитано опережение при температуре исходной заготовки $t_0 = 1150^\circ\text{C}$. При изменении температуры изменяется опережение и ширина заусенца. Учет их изменения введением соответствующих коэффициентов n и m в формулу 5:

$$S_p = \left[3 \frac{F_{CM}}{F} \left(\frac{F_{CM}}{F} + 2.14 \right) \cdot n + 2.3 \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \left(2.56 - \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (6)$$

Согласно полученным экспериментальным данным, функция $S_0 = \varphi\left(\frac{F_{CM}}{F}\right)$ в рассматриваемых пределах может без существенной погрешности быть представлена в виде линейной зависимости. В этом случае получим следующую формулу:

$$S_0 = 8.1 \frac{F_{CM}}{F} \quad (7)$$

(см. штрихпунктирную линию на рис.3).

Если подставить значение S_0 из выражения (7) в формулы (5) и (6), то последние упростятся и примут вид:

$$S_p = \left[8.1 \frac{F_{CM}}{F} + 2.3 \frac{b_3}{b_{KC}} \left(2.56 - \frac{b_3}{b_{KC}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (8)$$

$$S_p = \left[8.1 \frac{F_{CM}}{F} \cdot n + 2.3 \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \left(2.56 - \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (9)$$

Согласно данным работы [7], влияние температуры на опережение в интервале 900 - 1150°C выражается коэффициентом

$$n = 1.5 - 0.435 \cdot 10^{-3} \cdot t_0 \quad (10)$$

а влияние температуры на ширину заусенца коэффициентом

$$m = 1.92 - 0.8 \cdot 10^{-3} \cdot t_0 \quad (11)$$

При 1150°C оба коэффициента оказываются равными единице и формулы (5) и (6) становятся равными.

После подстановки значений коэффициентов n и m формулы (6) и (9) становятся пригодными для расчета опережения по касательной к рабочему радиусу при вальцовке в ядичном калибре с заусенцем в интервале температур 900 - 1150°C.

Для определения долевых размеров ручья штампа необходимо пересчитать опережение с рабочего радиуса (рис.2) на радиус зер-

келья штампа R_3 или, что то же самое, на радиус наружной поверхности ручьевого вставки, образующей заусенец, на которой выполняется разметка гравюры. Для этого в формулу (I) вместо S_1 и R_1 подставляем S_3 и R_3 и решаем ее относительно S_3 :

$$S_3 = \left[\left(\frac{S_1}{100} + 1 \right) \frac{R_1}{R_3} - 1 \right] \cdot 100 \% . \quad (12)$$

Такой пересчет опережения $S_{пр}$ на S_3 необходимо делать отдельно для каждого участка поковки.

Выводы

1. С увеличением ширины заусенца до $b_3/b_{кв} = 1,28$ опережение растет, при дальнейшем увеличении ширины заусенца оно уменьшается.

2. Предложены формулы для определения опережения в интервале ковочных температур 900-1150°C, которые могут найти применение при расчете калибров для вальцовки поволоки простой формы с выходом металла в заусенец.

Л и т е р а т у р а

1. А р и с т о в В.М. Экспериментальное исследование штамповки в вальцах деталей сложной формы. Отчет по теме I3-2552 ЦНИИТМАШ, 1950.

2. М а р т ы н о в В.Н. Исследование процесса штамповки в вальцах. М., Машгиз, 1952.

3. Ф и л и п п о в С.Н. Продольная прокатка периодически профилией. М., Metallurgizdat, 1956.

4. С м и р н о в В.С., Х а н П х е У н. Тр. ЛПИ № 203. М., Машгиз, 1959.

5. Ч е к м а р е в А.П., С а н ь к о Н.М. Тр. Днепропетровского металлургического ин-та, вып. № 39. Харьков, Metallurgizdat, 1960.

6. С м и р н о в В.С. Продольная периодическая прокатка. М., Машгиз, 1961.

7. К а у ф м а н К.М. Технология производства, научная организация труда и управления. Научно-технич. реферативный сборник НИИМАШ, № 8, 1969.

УДК 621.73.047

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАЛЦОВКИ КРУГЛЫХ ПОЛОС В ЯЩИЧНОМ КАЛИБРЕ С ВЫХОДОМ МЕТАЛЛА В ЗАУСЕНЕЦ

В работе [1] была предложена формула для определения опережения при валцовке круглых полос в ящичном калибре:

$$S_p = \left[3 \frac{F_{см}}{F} \left(\frac{F_{см}}{F} + 2.14 \right) \cdot \pi + 2.3 \frac{\delta_3 m}{\delta_{кк}} \left(2.56 - \frac{\delta_3 m}{\delta_{кк}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (I)$$

Та же формула после некоторого упрощения [1] имеет вид:

$$S_p = \left[8.1 \frac{F_{см}}{F} \cdot \pi + 2.3 \frac{\delta_3 m}{\delta_{кк}} \left(2.56 - \frac{\delta_3 m}{\delta_{кк}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (Ia)$$

- где $F_{см}$ - смещенная площадь, равная $F_{см} = \Delta h_{лс} \cdot h_{ос}$;
 $\Delta h_{лс}$ - обжатие, вычисленное по методу соответственной полосы;
 $h_{ос}$ - высота исходной соответственной полосы;
 F - площадь сечения исходной полосы;
 δ_3 - односторонняя ширина заусенца;
 $\delta_{кк}$ - ширина калибра, вычисленная по методу соответственной полосы;
 π - коэффициент, учитывающий влияние температуры на опережение в интервале 900-1150°C;
 m - коэффициент, учитывающий влияние температуры в том же интервале на ширину заусенца.

Согласно приведенным формулам, опережение при данной температуре зависит от размеров калибра, ширины заусенца и обжатия, ширина калибра $\delta_{кк}$ в каждом конкретном случае задается чертежом изделия.

Необходимо знать, какую исходную полосу следует задавать в калибр для получения требуемого заусенца, т.е. знать коэффициент вытяжки λ в зависимости от размеров заусенца ($\lambda = \frac{F}{F_1}$, где F_1 - площадь сечения пачки с заусенцем).

На рис. I показана экспериментально полученная зависимость коэффициента вытяжки от принятого в работе [1] параметра. Указанный график выражается уравнением:

$$\lambda = 0.6 \frac{\delta_3}{\delta_{кк}} + 1.2 \quad (2)$$

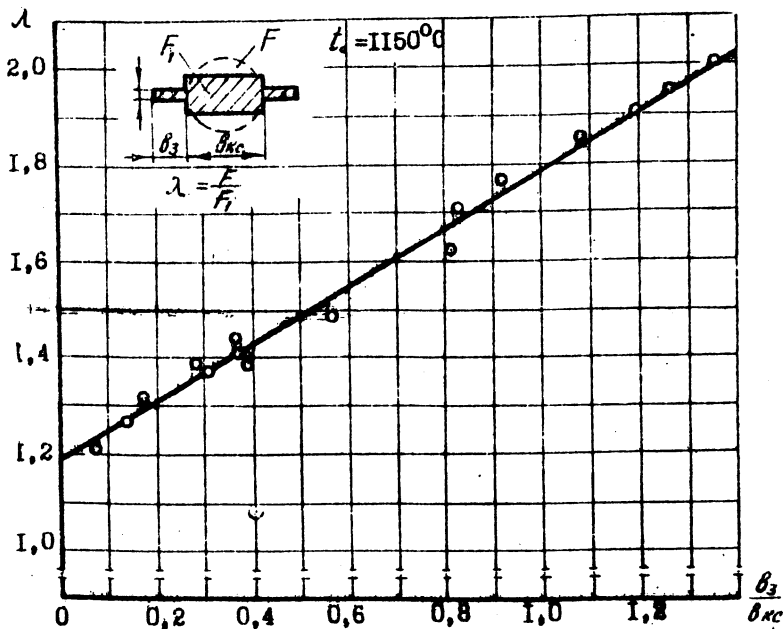


Рис.1. График зависимости коэффициента вытяжки от отношения ширины заусенца к ширине калибра

В полученном выражении имеется свободный член, больший единицы, что может быть объяснено наличием вытяжки в ящичном калибре и отсутствием выхода металла в заусенец (при $\delta_3 = 0$).

Зависимость (2) следует рассматривать как ориентировочную для предварительного определения размеров исходной полосы и величины смещенной площади по задаваемой ширине заусенца. Истинное значение коэффициента вытяжки зависит от параметров очага деформации, в том числе от размеров фактически полученного заусенца.

Для определения взаимосвязи между геометрическими параметрами очага деформации при штамповочной вальцовке в работе [2] предложена следующая структурная зависимость:

$$\frac{F_3}{F_{ГМ}} = \varphi \left(\frac{R_T}{\rho d} \right),$$

- где F_3 - площадь сечения заусенца;
 λ_T - теоретический коэффициент вытяжки;
 F_K - площадь калибра;
 l_d - длина очага деформации.

Как указывалось ранее [1], данные работы [3] удовлетворительно отражают условия установившегося процесса штамповочной вальцовки при относительно невысоких обжатиях ($\lambda_T \leq 2$) и малой ширине заусенца.

Исследования в более широком диапазоне значений теоретического коэффициента вытяжки и ширины заусенца, выполненные в институте "Оргстанкинпроч", позволили уточнить ранее полученную зависимость указанных параметров [3].

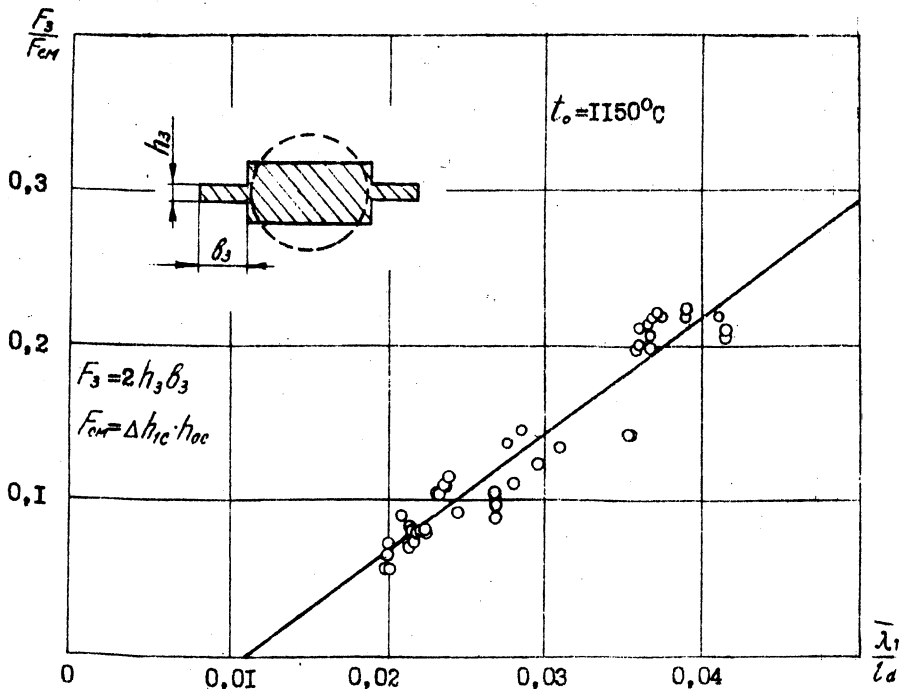


Рис.2. График зависимости площади заусенца и смещенной площади от теоретического коэффициента вытяжки и длины очага деформации

На рис.2 показан график, выраженный формулой:

$$\frac{F_3}{F_{см}} = 7.54 \frac{\lambda_T}{\rho d} - 0.084, \quad (3)$$

который получен при вальцовке в условиях $1 < \lambda_T < 3$ и $0 < \beta_3/\beta_{кр} < 1,4$.

Свободный член 0,084 характеризует наличие теоретического коэффициента вытяжки при вальцовке в ящичном калибре без заусенца, что согласуется с выводами, сделанными при анализе формулы (2).

Площадь сечения заусенца при ширине δ_3 и толщине h_3 (рис.1) равна $F_3 = 2\delta_3 \cdot h_3$. После подстановки значения F_3 в формулу (3) получаем выражение для определения ширины заусенца:

$$\delta_3 = 3.8 \frac{F_3}{h_3} \left(\frac{\lambda_T}{\rho d} - 0.0111 \right) \text{ мм.} \quad (4)$$

Искомые величины коэффициента вытяжки, смещенной площади и размеров заусенца определяются по формуле (4) методом последовательных приближений.

Л и т е р а т у р а

1. Исследование процесса штамповки в вальцах. М., Машгиз, 1952.

2. К а у ф м а н К.М. Технология производства, научная организация труда и управления. М., НИИМАШ, 1969, № 8.

ДК 620.172.254

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПЛАСТИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА СТ.20 ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗАМИ

Растяжение образцов с надрезами силами, направленными вдоль оси образца, вызывает изменение одноосного растяжения в зоне надреза. Это изменение оказывает влияние на сопротивление деформации. Действие надрезов может проявляться в процессе нагружения образца в упругом, упругопластическом и пластическом состояниях металла в узкой зоне у наименьшего сечения.

Надрез образца влияет также и на пластичность металла. Это связано с неравномерным распределением деформаций, а следовательно, и напряжений в деформируемом теле.

На основании экспериментальных исследований ряда авторов [1,2] установлено, что надрезы увеличивают сопротивление пластической деформации в 1,5 раза, во много раз (до 15-20) уменьшают показатели пластичности σ и ψ . Поэтому действие надреза относят к числу факторов, способствующих переходу металла в хрупкое состояние.

Повышение предела прочности под влиянием надреза является признаком не ее увеличения, а наоборот, повышения опасности разрушения, так как сам по себе металл при появлении надреза не приобретает никаких новых физических свойств.

Разрушение без достаточного развития пластической деформации является наиболее опасным при эксплуатации машин и конструкций и называется "хрупким". Оно характеризуется блестящей зернисто-кристаллической поверхностью свежего излома металла и малой механической работой разрушения.

В большинстве проведенных работ по выявлению влияния надрезов на механические свойства металлов исследования охватывали небольшие скорости деформации.

При осуществлении ряда процессов высокоскоростной штамповки происходит концентрация напряжений. Поэтому необходимо знать, как ведет себя материал при наличии концентраторов напряжений в условиях высокоскоростного деформирования.

Для исследования влияния формы надрезов на пластические

свойства металла при высокоскоростном деформировании использовались образцы из стали 20. Вид и размеры образцов показаны на рис. I. Образец I соответствовал обычному нормальному десятикратному образцу круглого сечения с диаметром 6 мм. Все остальные образцы имели поперечные угловые надрезы и отличались углом α_n ($\alpha_n = 16^\circ - 90^\circ$) при постоянном наименьшем сечении (6 мм).

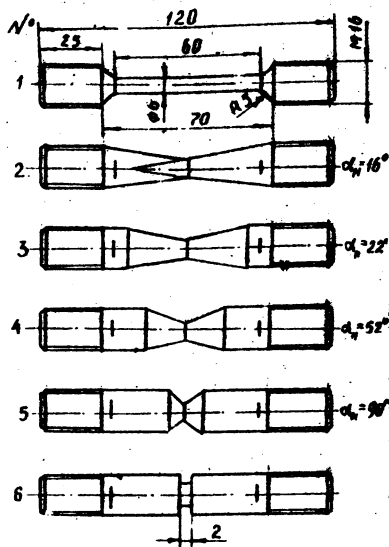


Рис. I. Образцы для установления влияния угла надреза на пластические свойства металла при высокоскоростном деформировании

Проведенные испытания образцов на растяжение при скорости перемещения подвижного захвата испытательной машины, равной 20 мм/мин (статические испытания), показали, что с увеличением угла надреза возрастает действие поперечных напряжений, вследствие чего повышается сопротивление деформации и уменьшаются пластические свойства металла.

Показатель пластичности — относительное удлинение δ — значительно уменьшается с увеличением угла надреза. Наименьшие значения δ наблюдались для образцов 4, 5, 6 (от 1,5 до 3,5%).

Высокоскоростное деформирование осуществлялось на специальном копре [3]. Скорость перемещения подвижной траверсы была соответственно равна 15, 30, 45 и 60 м/сек.

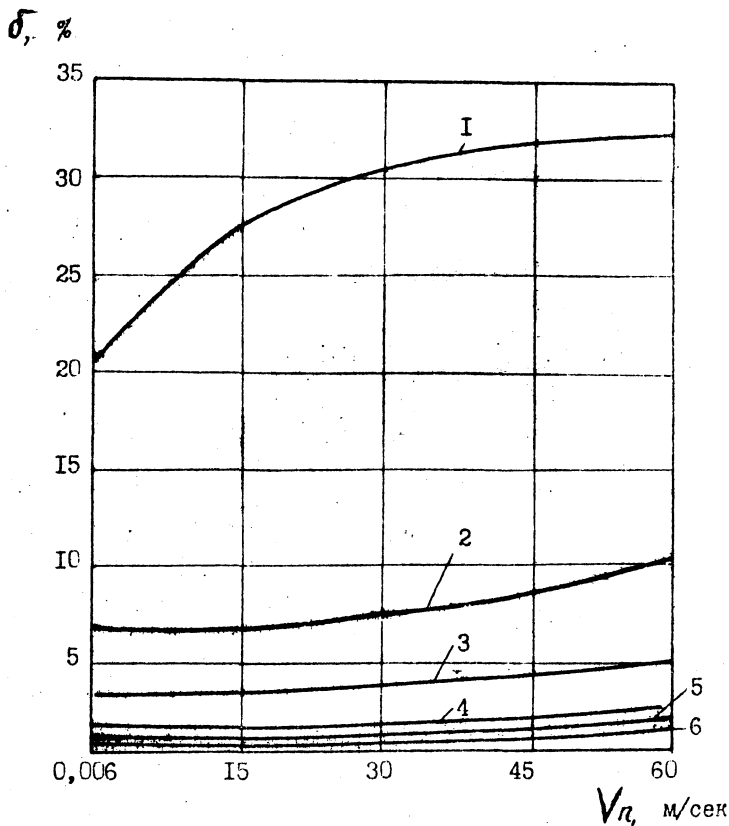


Рис.2. Зависимость относительного удлинения (δ %) от скорости деформации, (V_n , м/сек)

I, 2, 3, 4, 5, 6 - номера образцов (рис.1)

Результаты испытаний приведены на рис.2. Как видно из графиков, при высокоскоростном растяжении образцов с большими углами надреза (образцы 4,5) пластические свойства практически идентичны показателям статических испытаний. У образцов 1,2,3 пластические свойства материала соответственно возрастают с увеличением скорости деформации.

Увеличение относительного удлинения при высокоскоростном деформировании объясняется локализацией деформации в меньшем объеме, чем при статическом нагружении, и действием теплового эффекта.

Л и т е р а т у р а

1. Д а в и д е н к о в Н.И. Динамические испытания металлов. М., ОНТИ, 1936.
2. Ф р и д м а н Я.Б. Деформация и разрушение металлов. М., Оборонгиз, 1946.
3. С е в е р д е н к о в П., Булах В.Н., П а щ е н - к о В.С. Пластичность и обработка металлов давлением. Минск, "Наука и техника", 1968.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОЛЬШИХ
ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ В КОРОТКИХ СТАЛЬНЫХ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ

В последние годы ударные методы обработки металлов получают широкое распространение. Высокоскоростная ударная обработка металлов давлением сопровождается усиленным ростом сопротивления деформированию, торможением всех разупрочняющихся процессов, резким повышением температуры локальных объемов деформируемого объекта. Картина пластической деформации усложняется прохождением по объекту ударных пластических волн [1]. Вместе с тем при изучении работ, связанных с ударным деформированием, можно заметить, что экспериментальных данных о сопутствующих пластической деформации явлениях и их влиянии на этот процесс недостаточно [2]. Кроме того, некоторые данные противоречивы.

Целью настоящей работы явилось экспериментальное изучение распространения деформаций по длине стальных цилиндрических образцов при их ударе о жесткую плиту.

В качестве материала была выбрана сталь 3, образцы из которой $D = 20$ мм и длиной $H = 40, 60, 80$ мм изготовлялись из одного прутка и отжигались в вакуумной печи.

Стальные образцы разгонялись в специальном копре и пластически деформировались о жесткую плиту. Скорость удара образцов замерялась непосредственно перед плитой путем замыкания проволочных контактов и подачи сигнала на катодный двухлучевой осциллограф ОС-17 М и затем вычислялась по осциллограммам. Эта скорость варьировалась в пределах 97-275 м/сек.

После удара образцы измерялись на специально сконструированном приборе, снабженном индикаторами, который давал точность при замере диаметров 0,01 мм и при замере высоты 0,1 мм. На рис.1 показаны типовые кривые распределения относительных деформаций ($\epsilon = (D_k^2 - D^2) / D^2$) по приведенной длине образца (H_k / H) при равных скоростях удара,

где H_k - высота образца после удара,

D_k - конечный диаметр рассматриваемого сечения после ударной деформации.

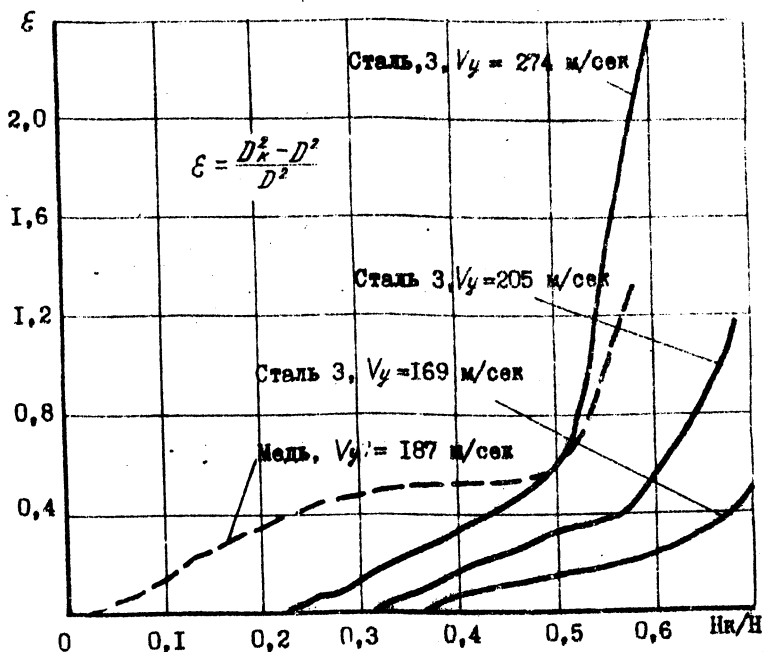


Рис. I. Распределение относительных деформаций $\epsilon = \frac{D_k^2 - D^2}{D^2}$ по приведенной длине образца (H_k/H) при различных скоростях удара

Как видно из графика, при ударе стального образца наибольшая деформация будет в приконтактной зоне ($H_k/H \approx 0,5 - 0,8$) в средней части образца интенсивность деформации падает, и в области, противоположной ударяемому концу, деформация отсутствует. При этом с увеличением скорости удара весьма заметно растет деформация приконтактного участка. Следует предположить, что такое деформирование приводит к заметному тепловыделению в отдельных объемах этой зоны и к продолжению течения металла.

С другой стороны высокие пластические характеристики стали приводят к быстрому расходу энергии удара, идущей на пластическую деформацию, в результате чего пластическое течение в стали при ударе распространяется только на часть объема образца в отличие от высокопластичной меди (кривая 4).

Небезинтересно отметить, что длина деформированной части стального образца в исследованном диапазоне скоростей удара и отношения H/D изменялась незначительно и составляла 46,2 - 47,5% первоначальной длины.

Л и т е р а т у р а

1. Гольсмит Б. Удар. М., Стройиздат, 1965.
2. Чайка В.А. и др. Сб. "Металлургия", вып. 1, Минск, 1970.

УДК 621.9.015

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВЫХ СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Детали из листовых слоистых материалов (стеклотекстолида, гетинакса и т.д.) представляют собой пластины с различным контуром и рядом отверстий и пазов. Такие детали широко применяются в радиотехнике (печатный монтаж) и электротехнике (изоляционные прокладки). Перспективность применения различных способов механической обработки при получении деталей определяется производительностью способа и качеством обработанной поверхности.

Наиболее производительным методом изготовления плат из листовых слоистых пластиков является листовая штамповка (вырубка-пробивка). Однако применение этого способа весьма ограничено из-за низкого качества получаемых деталей.

Авторами [1,2] был предложен способ ультразвуковой перфорации плат. Для оценки перспективности применения этого метода по сравнению с "классической" вырубкой-пробивкой необходимо оценить качество поверхности раздела, полученной обычным способом и при применении энергии ультразвука.

Качество поверхности раздела может быть оценено величиной микронеровностей поверхности среза и микроотклонением формы реальной поверхности от теоретической, установленной чертежом. Эти комплексные показатели являются одним из существенных факторов, определяющих технические и эксплуатационные свойства механизмов и машин, включающих детали из слоистых пластиков.

В настоящее время не имеется стандартов на оценку качества поверхности деталей из слоистых пластиков. Наиболее распространенным способом оценки поверхности раздела является метод, предложенный Б.Н.Бобринным [3]. Метод заключается в рассмотрении полированного сечения образца в отраженном свете на большом проекторе с использованием специальных экранов. Наряду с большими преимуществами данный метод обладает двумя существенными недостатками:

1) рассматриваемое сечение подвергается механической обработке, что вызывает изменения в картине вырыва поверхности раздела;

2) малая отражательная способность материала является причиной нечеткого изображения поверхности среза на экране, что в свою

очередь, способствует неточному измерению величины максимального дефекта H_{max} .

Малая отражательная способность материала не позволяет применять приборы, измеряющие шероховатость поверхности методом светового сечения профиля, который был предложен впервые Лениным [4]. Профилографы-профилометры [5], т.е. щуповые приборы для измерения шероховатости, применяемые в настоящее время для оценки шероховатости различных деталей при исследовательских работах, не могут использоваться для измерения дефектов деталей из слоистых материалов, полученных вырубкой-пробивкой, так как диапазон их работы определяется максимальной величиной не более 20 мкм на базовой длине 2,5 мм, что соответствует 5-му классу чистоты поверхности по ГОСТ 2789-59 [6].

Наиболее подходящим для оценки качества поверхности раздела деталей из слоистых материалов необходимо признать ГОСТ 7016-59 [7], предназначенный для оценки шероховатости древесины. ГОСТ предусматривает оценку чистоты поверхности по среднеарифметической величине $H_{\text{макс}}$, замеренной от вершины гребня до дна впадины в направлении, которое дает наибольшую величину неровностей, характерных для данного вида обработки. Для замера величины $H_{\text{макс}}$ предназначен накладной микроскоп теневой проекции измеряемого профиля марки ТСП-4 [4]. Данный микроскоп относится к классу оптических приборов для замера шероховатости поверхности, а следовательно, обладает всеми им присущими недостатками.

На основании проведенного анализа был разработан и изготовлен специальный датчик к высокоточному профилограф-профилометру блочной конструкции модели 201 завода "Калибр". На приборе со стандартным датчиком возможно измерение шероховатости поверхности и запись профилограмм плоских, цилиндрических и других поверхностей, если образующая сечения в плоскости их измерения представляется собой прямую линию. Прибор предназначен для оценки шероховатости и записи профилограммы изделий из металлов, неметаллических материалов, резины, пластмассы и керамики [8] с чистой поверхностью от $\nabla 6$ до $\nabla 14$ по ГОСТ 2789-59.

Сконструированный датчик позволяет измерять поверхности деталей с $H_{\text{макс}}$ до 1000 мкм, что соответствует $\nabla 3$ по ГОСТ 7016-59.

Датчик является звеном, оупывающим испытуемую поверхность и преобразующим колебания иглы, соответствующие неровностям испытуемой поверхности, в электрические сигналы. Конструкция датчика представлена на рис.1.

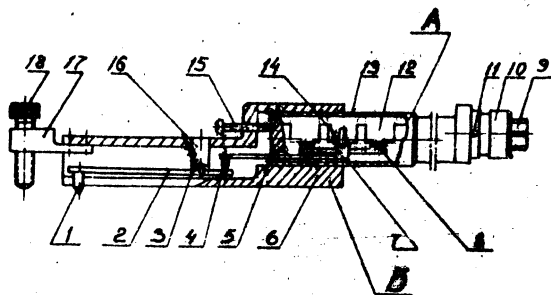


Рис.1. Специальная измерительная головка к профилографу-профилометру модели 201

Датчик состоит из двух рычажных механизмов А и Б. Механизм А принципиально не отличается от датчика стандартной конструкции и состоит из измерительной иглы 4, расположенной на конце коромысла 5. Коромысло 5 качается на ножевой опоре 7, изменяя зазор между якорем 8 и сердечником магнита 12.

Усилие иглы 4 на площадку коромысла 2 регулируется с помощью двух пружинок 14, компенсирующих неуравновешенность плеч коромысла.

Магнитная система жестко крепится в корпусе датчика и снаружи закрывается экраном 13.

Второй механизм Б состоит из иглы 1, посредством которой оупывается испытуемая поверхность. Игла изготовлена из твердого сплава ВК-9 и закреплена на конце коромысла 2, которое качается на ножевой опоре 16, закрепленной в корпусе 6. Усилие иглы на испытуемую поверхность регулируется с помощью двух пружинок 3 и устанавливается величиной не более $0,1 \text{ cH}$. Благодаря наличию второго механизма возможно оупывание поверхностей с величиной

микронеровностей более 1000 мкм в зависимости от соотношения плеч коромысла 2. Это соотношение регулируется винтом 15.

Наличие второго рычажного механизма вносит свою погрешность в работу прибора. Как известно [9], погрешность такого механизма пропорциональна кубу угла качания коромысла 2. Поскольку угол качания при соотношении плеч коромысла 1:100 чрезвычайно мал (меньше 30'), погрешность, вносимой наличием механизма Б, можно пренебречь.

Такая конструкция датчика позволяет работать на прямолинейном участке индуктивного устройства механизма А.

Тарировка датчика производится с помощью ряда ступенек, оставленных из блока концевых мер.

Датчик вставляется в шток мотопривода и фиксируется с помощью штифта 11. Включение датчика в схему прибора осуществляется посредством вилки 9 разъемом 10. Величина и характер микронеровностей поверхности раздела деталей из листовых слоистых пластиков определяется следующим образом: деталь зажимается в параллельной декальной струбцине так, чтобы образующая цилиндра отверстия или выды была параллельна линии движения датчика. Опора 18, закрепленная в кронштейне 17, базируется вне испытываемой детали на поверхности декальной струбцины.

После выставления индикатора прибора на линейный участок шкалы включается мотопривод движения датчика. Игла, ощущая поверхность, изменяет соответственно зазор между якорем и сердечником магн. Электрические сигналы, пропорциональные изменению зазора, усиливаются электронным блоком прибора в соответствии с масштабом усиления и передаются на перо записывающего узла. Получаемая профилограмма соответствует в увеличенном масштабе истинному профилю поверхности раздела.

Благодаря применению нового датчика появилась возможность более объективной оценки качества поверхности полученных деталей.

Анализируя профилограммы поверхности среза пробитых отверстий (рис.2), приходим к выводу: поверхность отверстия, пробитого в ультразвуковом поле, представляет собой ступенчатый цилиндр с плавными переходами или совокупность двух-трех конусов (рис.2,б). При пробивке отверстий в обычных условиях на поверхности раздела наблюдается ярко выраженная зона вырыва (рис.2,в). Вполне очевидно, что форма поверхности, полученная при пробивке отверстий в

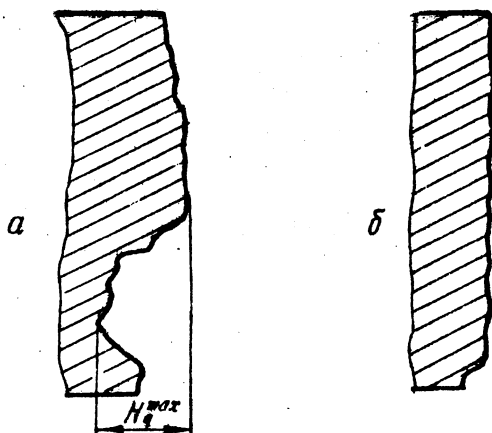


Рис.2. Типовые профилограммы поверхности раздела стекло-
 текстолита марки СТЭФ-1:
 а) пробивка в обычных условиях; б) пробивка с при-
 менением ультразвуковых колебаний

ультразвуковом поле, является более благоприятной (меньше расслоений, острых выступов и т.д.) с точки зрения качества и надежности детали, чем форма поверхности, полученная при пробивке обычными методами.

Л и т е р а т у р а

1. Северденко В.П., Шустер Я.В. "Изв. АН БССР" сер. физико-технич. наук, 1970, № 3.
2. Шустер Я.В. Сб. "Вопросы прочности и пластичности металлов". Материалы научной конференции молодых ученых АН БССР. Минск, "Наука и техника", 1970.
3. Бобриния Б.Н. "Стандартизация", 1959, № 9.
4. Егоров В.А. Оптические и звуковые приборы для измерения шероховатости поверхности. М., 1965.
5. Давыдов Б.С. Основа звукового метода определения шероховатости поверхности. Стандартиз, М., 1953.

6. Л о п о в и Г.С. Стандартизация размерных параметров в машиностроении. М., Изд-во Комитета стандартов мер и измерительных приборов при СН СССР, 1969.
7. ГОСТ 7016-59. Чистота поверхности древесины.
8. Профильграф-профилометр, модель 201. Руководство по пользованию. М., 1966.
9. Приборостроение и средства автоматизации. Справочник. М., 1953.

УДК 620.1.05

КОПРЫ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Для проведения исследований по высокоскоростной обработке металлов давлением авторами спроектированы и изготовлены копры оригинальной конструкции.

Копер с внутренним диаметром цилиндра 100 мм. Копер (рис.1) состоит из цилиндра 5 и плиты 1, связанных посредством четырех колонок 2 и распорных втулок 3. Массивный цилиндр и плита позволяют обходиться без фундамента. Затвор копра 8 выполнен в виде резьбовой пробки со сквозным отверстием под ударно-спусковой механизм 7. В полости затвора 10 помещается заряд пороха. С целью уменьшения массы боек 11 выполнен полым и для увеличения прочности имеет утолщающиеся к низу стенки.

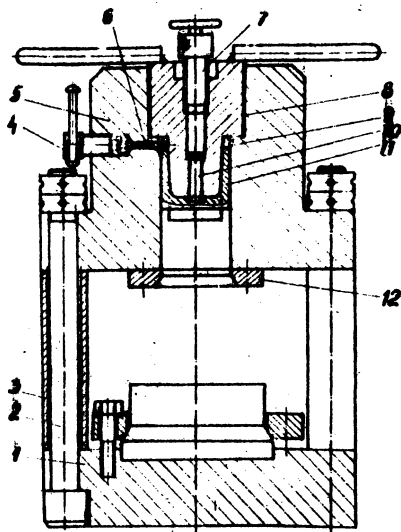


Рис.1. Копер с внутренним диаметром цилиндра 100 мм

Благодаря такой форме боек не разрушается при ударе о стальной образец со скоростью свыше 100 м/сек. Длина цилиндра состав-

ляет 2,5 его диаметра. Большая скорость при малом пути разгона обеспечивается за счет применения медного кольца 9, которое удерживает боек от падения перед выстрелом. После воспламенения пороха кольцо создает подпор бойка для увеличения начального давления в камере сгорания. Под давлением пороховых газов на боек кольцо срезается по периметру. Часть проволоки, остающаяся на бойке, служит его уплотняющим пояском. Получение кольца обеспечивается укладкой в канавку бойка проволоки диаметром 1,5 - 2,5 мм.

Для фиксации положения бойка служит штифт, который посредством винта 4 вводится в прорезь бойка. Благодаря этому на копре можно штамповать несимметричные в плоскости удара поковки. Скорость бойка регулируется навеской пороха и толщиной проволоки уплотнительного кольца. Кольцо 12 предохраняет цилиндр от завоя при отскоке образца.

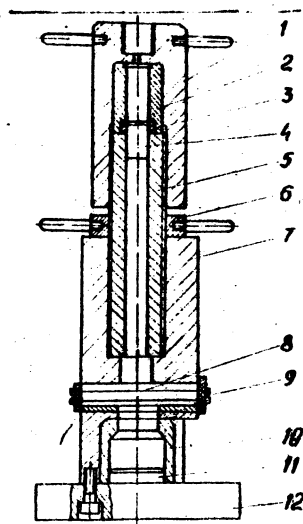


Рис.2. Копер со сменными цилиндрами

затяжки цилиндра в основании и для удобства смены цилиндров.

Копер со сменными цилиндрами. На этом копре (рис.2) разгоняется не боек, а образец 4, который деформируется ударом о боек II. Копер имеет цилиндрическое основание 7, скрепленное болтами с плитой 12. В основание ввинчиваются сменные цилиндры 5 с нужным диаметром отверстия. Максимальный диаметр отверстия 50 мм при толщине стенки цилиндра 15 мм, длина цилиндра 200 мм. Задержке образца при выстреле обеспечивается кольцом 3, которое соединяется с образцом по горячей посадке. Снаряженная гильза помещается в стакан 2, который устанавливается на цилиндр, фиксируясь по кольцу. Сверху навинчивается обойма I с отверстием под ударноспусковой механизм. Гайка 6 служит для натяжной

Две пары проволочек 8, натянутых на выдвижную рамку 9, служат для измерения скорости образцов. Замыкание образцом каждой пары проволочек фиксируется на электронном осциллографе. Контейнер 10 удерживает деформированный образец при отскоке, предохраняя тем самым образец и цилиндр от зажима. Копер с габаритами 300 x 400 мм позволяет получить скорость до 600 м/сек.

УДК 621.778.6:621.9.048

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА КОНТАКТНОЕ ТРЕНИЕ ПРИ ОСАДКЕ

В работе силу и коэффициент трения определяли методом проталкивания плиты между двумя одновременно осаживаемыми образцами.

Преимущества этого метода заключаются в том, что он дает возможность определять коэффициенты трения в условиях пластического течения металла. Для этого достаточно просто опробовать различные схемы введения колебаний в очаг деформации, а также исследовать влияние различных смазок, материалов, шероховатости поверхности обрабатываемого инструмента и ряда других факторов на контактное трение.

Коэффициент трения по данному методу определяли по формуле

$$\mu = \frac{T}{2P}$$

где T — сила трения, т.е. сила проталкивания плиты;
 P — сила нормального давления.

Ультразвуковые колебания вводили нормально и параллельно контактной поверхности, т.е. в первом случае продольные колебания совершал пуансон, а во втором — проталкиваемая плита. Очаг деформации в обоих случаях был расположен в пучности смещений. Установка для проведения исследований состояла из специально спроектированного штампа, смонтированного на испытательной машине УИМ-5 с усилием 5 тс, магнитострикционных преобразователей ПМС-7А, ультразвукового генератора УЗГ-ЮУ и приспособления для бокового смещения плиты между двумя осаживаемыми образцами.

Силу трения, нормальное давление и путь деформации через тензометрический усилитель ТА-5 фиксировали осциллографом Н-700. В штампе была предусмотрена акустическая изоляция колебательной системы от пассивных элементов конструкции.

Осаживанию подвергали образцы из меди МЗ и алюминия А00 высотой 8 и диаметром 12 мм. Предварительно образцы отжигали в вакууме. Проталкиваемые плитки были изготовлены из стали ШХ15 (HRC 58 + 60). Шероховатость их рабочей поверхности соответствовала 3-му, 6-му и 9-му классам чистоты по ГОСТ 2789-59.

В качестве смазок были использованы свиной жир, машинное масло СУ, касторовое масло, олеиновая кислота, хозяйственное мыло.

Степень снижения коэффициента трения под действием ультразвука определяли из выражения

$$\mu_y = \frac{M\delta \cdot M_y}{M\delta} \% .$$

где $M\delta$ и M_y - соответственно коэффициенты трения при осаживании в обычных условиях и с ультразвуком.

Об эффективности действия ультразвука на смазки судили по выражению

$$\mu_{эф} = \mu_{см} - \mu_y ,$$

где $\mu_{см} = \frac{M_{см\delta} - M_{смy}}{M_{см\delta}} \%$ - величина, определяющая степень снижения коэффициента трения под действием ультразвука при осаживании со смазкой;

$M_{см\delta}$, $M_{смy}$ - соответственно, коэффициенты трения при осаживании со смазкой в обычных условиях и с ультразвуком.

Если $\mu_{эф}$ имеет положительное значение, то эффективность смазок под действием ультразвука повышается и наоборот.

Результаты исследований при введении ультразвуковых колебаний нормально к поверхности контакта представлены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Влияние ультразвука на контактное трение при осаживании медных образцов

Смазка	Эффективность от воздействия ультразвука на контактное трение при степенях деформации, %								
	6-й класс чистоты				9-й класс чистоты				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25
Без смазки	22	20	20	19	19	55	41	37	36
Свиной жир	52 (+30)	45 (+25)	40 (+20)	37 (+18)	34 (+15)	63 (+8)	47 (+6)	28 (-9)	22 (-14)
Машинное масло	42 (+20)	34 (+14)	28 (+8)	20 (+1)	15 (-4)	32 (-22)	30 (-11)	25 (-12)	20 (-16)
Касторовое масло	27 (+5)	23 (+3)	20 0	18 (-1)	17 (-2)	48 (-7)	26 (-15)	25 (-12)	25 (-11)
Олеиновая кислота	13 (-9)	12 (-8)	10 (-10)	10 (-9)	10 (-9)	64 (+9)	60 (+19)	56 (+19)	49 (+13)
Мыло хозяйственное	15 (-7)	9 (-11)	5 (-15)	3 (-16)	3 (-16)	48 (-7)	31 (-11)	22 (-15)	22 (-14)

Примечание. В строке "Без смазки" приведены значения μ_y , в остальных строках - значения $\mu_{см}$ и в скобках $\mu_{эф}$.

Результаты эксперимента для грубо обработанной поверхности инструмента (3-й класс чистоты) в таблице не представлены, так как эффективность воздействия ультразвука в этом случае составляла всего лишь 2-5%.

Аналогичные исследования проведены при осаждении алюминия, где в среднем снижение коэффициентов трения под действием ультразвука без применения смазки составляло 23-40% при применении инструмента, поверхность которого была обработана по 9-му классу чистоты, и 17-28% - для 6-го класса (большее значение соответствует степени деформации 10% и меньше - 30%). Применение смазок при осаждении алюминия приводило во всех случаях к снижению коэффициента трения. Например, при смазке олеиновой кислотой снижение коэффициента трения составляло 48-60% для 9-го класса чистоты поверхности инструмента и 8-15% - для 6-го. Со смазкой свинным жиром эти показатели соответственно имели значения 17-35% и 20-32%.

При введении продольных колебаний параллельно поверхности контакта снижение коэффициента трения при осадке образцов из меди без специально наносимой смазки уменьшалось с 50 до 24% при применении инструмента 9-го класса чистоты и от 15 до 10% для 6-го класса с увеличением степени деформации от 10 до 30%.

Анализ полученных в работе данных позволяет сделать следующие выводы. С увеличением степени деформации коэффициенты трения увеличиваются при осаждении в обычных условиях и с ультразвуком. Эффект от воздействия ультразвука на контактное трение при осадке со смазкой и без нее уменьшается с ростом степени деформации и шероховатости поверхности инструмента.

Результаты экспериментальных данных объясняются воздействием ультразвуковых колебаний на обрабатываемый металл, контактные условия и вещество смазки.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ЧТЕНИИ ЛЕКЦИЙ

Дальнейшему повышению качества подготовки инженерных кадров Коммунистической партия и Советское правительство уделяет исключительно большое значение. Одним из путей решения этого вопроса является внедрение в практику преподавания технических средств обучения.

В первую очередь необходимо внедрить технические средства обучения (ТСО) в лекционное обучение, на долю которого приходится почти половина учебного времени. Как правило, на лекциях излагается почти весь материал курса, узловые вопросы которого затем прорабатываются на практических и лабораторных занятиях. Следовательно, от усвоения студентами материала лекций зависит в конечном счете их успеваемость вообще.

По принятой методике лектор читает курс, последовательно делая выкладки и рисуя на доске схемы и механизмы. Студенты записывают и зарисовывают по возможности весь материал, изготовляя таким образом копию лекции. Этот процесс медлителен, что ограничивает объем излагаемого материала, и не позволяет отразить важные частности конструкции или представить ее в действии. Эмоциональное действие такой лекции незначительно и материал плохо запоминается. К тому же нет возможности представить весь материал лекции сразу во взаимной связи.

Выход из этого положения следует искать в применении новых методов обучения. Элементы технических средств обучения, как-то эпидиаскопы, кадропроекторы, кинопроекторы применяются в Белорусском политехническом и других институтах. Однако их применение носит вспомогательный характер и не меняет методики преподавания.

В ведущих вузах Москвы, Ленинграда и других городов созданы специализированные аудитории, оснащенные комплексом ТСО с дистанционным управлением от одного пульта. Эти аудитории оснащены кадропроекторами типа "Протон", кинопроекторами, магнитофонами, микрофонами, рейками для подвешивания плакатов.

В одних аудиториях применяется эшторирование для затемнения аудитории, в других изображение демонстрируется на матовом экране напросвет. В последнем случае не требуется затемненная аудито-

рии, но необходимо специальное отдельное помещение для аппаратуры.

В первом случае вся аппаратура установлена в аудиториях в футлярах. Разработана система обратной связи студент - преподаватель, позволяющая контролировать усвоение материала. Аудитории рассчитаны на 100-200 человек и приспособлены для чтения общих курсов.

Имеются также телевидируемые аудитории. Изображение с экрана телевизора попадает на зеркала, установленные на столах перед каждым студентом. Лектор находится в отдельном помещении. Двухсторонняя звуковая и зрительная связь обеспечивается системой телекамер и микрофонов. При такой системе возможна демонстрация опытов, например, при чтении курсов химии или физики, что усиливает эмоциональное воздействие от лекции.

Используя цветной телевизор и две передающие телевизионные установки, можно получать объемное изображение предмета (черно-белое), что особенно эффективно при чтении курса "Начертательная геометрия". Правда, в этом случае зрителю необходимо пользоваться специальными очками.

Применительно к чтению лекции на профилирующих кафедрах (перед потоком 50-60 студентов) специализированная аудитория должна быть оснащена как минимум одним кедропроектором типа "Горизонт", эпидиаскопом ЭИД-424, кинопроектором "Украина", магнитофоном стационарного типа, двумя экранами размером 2 x 1,5 м, стендами для хранения и демонстрации плакатов и кодоскопом. При наличии последнего можно обойтись без классной доски, заменив ее постоянным экраном. Аудитория должна иметь затемнение.

Наибольшую эффективность от применения этих средств можно ожидать при чтении курсов, насыщенных чертежами, схемами и фотографиями, как например, "Кузечно-штамповочное оборудование".

Методика проведения лекций по таким курсам с применением ТСО представляется нам в таком виде.

Одним из диапроекторов демонстрируется общий вид машины, а с помощью другого последовательно показываются кинематическая схема и отдельные узлы. Для активизации работы студентов количество схем и порядок их показа должны быть таковы, чтобы преподаватель мог обойтись минимумом объяснений. Это даст возможность каждому студенту воспринимать и осмысливать материал индивидуаль-

ным логическим путем. В качестве завершающего этапа изучения машины демонстрируется кинофрагмент, показывающий машину в действии. Для показа принципа действия сложной машины целесообразно применять мультипликацию.

Описание материала, продемонстрированного с помощью проекторов, следует давать в отпечатанном заранее конспекте. Последовательность расположения рисунков и текстовая часть должны быть идентичны материалу, изложенному на лекции. Повторный показ для закрепления материала производится на последующей лекции. При повторном показе можно ограничиваться только общим видом или схемой машины.

Наряду с мобильными средствами обучения (кадропроекторы) целесообразно использовать в учебном процессе плакаты и действующие макеты машин или отдельных узлов. Плакаты должны выполняться на листах формата 44 или 48, чтобы изображение хорошо просматривалось и с отдаленных мест. Серией плакатов можно представить срезку всей конструкции. На кафедре "Обработка металлов давлением" Белорусского политехнического института разработан специальный стенд для хранения и демонстрации крупноформатных плакатов. Так как плакаты находятся все время в аудитории и постоянно доступны для осмотра, с их помощью студенты всегда могут освежить в памяти пройденный ранее материал. Плакаты могут служить наглядным пособием также при курсовом проектировании.

Весьма целесообразно в лекционном обучении применения кодоскопов-приборов, проектирующих на экран вычисления и рисунки, выполняемые преподавателем на прозрачной пленке. Преподаватель при этом сидит за столом лицом к аудитории.

Комплексное применение новых и традиционных средств обучения позволит существенно увеличить эффективность лекционных курсов.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.771.011:539.374

ПРОКАТКА СО СДВИГОМ МЕТАЛЛА В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Рассмотрены условия, когда устраняется подпирающее действие сил контактного трения по длине и ширине очага деформации при прокатке. Показано, что при наличии деформации сдвига в полосе по ширине очага деформации значительно снижаются удельные давления и улучшается качество поверхности полос.

Илл.1.

УДК 621.771.011:621.9.048

СРЕДНЕЕ УДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРИ ПРОКАТКЕ С ПРОДОЛЬНЫМИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ВАЛКОВ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., ЛОГАЧЕВ М.В. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приведена аналитическая зависимость по определению среднего удельного давления при прокатке полос с продольными противофазными ультразвуковыми колебаниями валков в пучности смещений.

Библи.2.

УДК 621.771.011:621.9.048

КИНЕМАТИКА ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ С КРУТИЛЬНЫМИ ПРОТИВОФАЗНЫМИ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ВАЛКОВ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., КАЛЕНИК В.В. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Рассмотрена кинематика прокатки с крутильными колебаниями валков, стадии процесса и строения очага деформации. В заключение приведены экспериментальные данные по прокатке стальных полос с крутильными ультразвуковыми колебаниями валков.

Табл.1.

УДК 621. 771.011:621.9.048

ПРОКАТКА ПОЛОС СИММЕТРИЧНО УЗЛА СМЕЩЕНИЙ ПРОДОЛЬНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., ЛОГАЧЕВ М.В. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

В работе дан анализ схемы напряженного состояния в очаге деформации при прокатке полос с продольными ультразвуковыми колебаниями валков и представлены экспериментальные данные по прокатке полос из меди и алюминия. Показано, что с увеличением обжатия эффект от воздействия ультразвука снижается.

Табл.1.

УДК 621.771.01:621.9.048

РАСХОД ЭНЕРГИИ ПРИ ПРОКАТКЕ С УЛЬТРАЗВУКОМ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., СЫЧЕВ Н.Г. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приведен аналитический вывод показателя эффективности применения ультразвука при прокатке с точки зрения расхода энергии. Этот показатель находится в прямо пропорциональной зависимости от степени снижения крутящего момента на валках под действием колебаний, к.п.д. ультразвукового оборудования, скорости прокатки и крутящего момента на шпинделях стана при обычной прокатке.

УДК 621.771.016.2:621.9.048

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ПОЛОС. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., СЫЧЕВ Н.Г. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Проведены исследования влияния радиальных ультразвуковых колебаний на процесс прокатки свинца и горячей прокатки алюминиевого сплава АМц.

Представленные экспериментальные данные показывают на значительное снижение энергозатрат при прокатке с ультразвуком при малых степенях деформации по сравнению с обычной прокаткой.

Табл.1.

УДК 621.771.06;621.9.048

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СТАНОВ ДЛЯ ПРОКАТКИ С УЛЬТРАЗВУКОМ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., СЫЧЕВ Н.Г. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Рассмотрены основные требования, которые определяют конструкцию стана для прокатки с ультразвуком. Успешное применение колебаний при прокатке во многом определяются выполнением требований относительно минимальных потерь колебательной энергии в пассивных элементах конструкции, устойчивости резонансных параметров в процессе обжатия металла, стабильности работы системы во времени.

Библ. 1.

УДК 621.771.011

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ДЕФОРМАЦИЯМИ ПРИ ПРОКАТКЕ. СЕВЕРДЕНКО В.П., БАХТИЛОВ Ю.Б. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Статья посвящена изучению вопроса соотношения деформаций при прокатке. Несмотря на большое число работ, до сих пор не было найдено достаточно точного математического решения этой задачи.

В данной работе даны простые аналитические уравнения для нахождения взаимосвязи между коэффициентами деформации. В основу теоретических разработок положены уравнения для определения коэффициентов поперечной и продольной деформаций, которые в свое время были выведены с учетом влияния на уширение ширины полосы и внешних зон.

Илл.2. Табл.1, Библ.3.

УДК 621.771.011

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИТЫХ СЕКТОРОВ ПРИ ПРОКАТКЕ ПРОФИЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ. СЕВЕРДЕНКО В.П., БАХТИЛОВ В.Б. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Разработан новый технологический процесс изготовления литых секторов взамен кованых для прокатки профилей переменного сечения.

За счет применения литых секторов экономится около 50% стали Х12М1, снижается трудоемкость изготовления и их себестоимость. По своим качествам литые сектора не уступают кованным.

С целью сопоставления экономии металла при производстве литых секторов по сравнению с секторами, изготовленными из поковки, приводится расчет их веса.

Илл. I. Табл. I.

УДК 621.778.6:621.9.048

ВОЛОЧЕНИЕ ПОЛОС С УЛЬТРАЗВУКОМ ЧЕРЕЗ РОЛИКОВУЮ ВОЛОКУ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., КУЛАГА Н.Е. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "Металлургия", вып. 3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Изложены результаты исследования влияния радиальных ультразвуковых колебаний на усилие волочения и давление металла на ролики при вращающихся и неподвижных роликах.

Волочению подвергались полосы из алюминия марки А0 сечением 1,75x30 мм и стали марки 08 Кп сечением 0,88x40 мм.

Показано, что ультразвуковые колебания значительно снижают усилие волочения и давление металла на ролики, а критическая единичная степень обжатия для обоих металлов увеличивается.

Табл. I.

УДК 621.774.372:621.9.048.6

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ УСИЛИЯ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ТРУБ С УЛЬТРАЗВУКОМ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., ВИНЕРСКИЙ С.Н. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", вып. 3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приведены осциллограммы, полученные при безоправочном волочении труо размером 5x0,5 мм из стали Х18Н9Т в обычных условиях и с наложенным ультразвуковыми колебаниями.

Показано, что применение ультразвуковых колебаний при волочении труб позволяет не только снизить тяговое усилие при установившемся процессе, но и значительно улучшить условия деформации в начальный период волочения вследствие того, что степень снижения усилия волочения под действием ультразвука в пусковой период больше, чем при установившемся процессе, и его ве-

личина при этом в начальном момент деформации не превышает усилия установившегося процесса. Это дает возможность повысить максимальную степень деформации трубы за проход.

Илл. I. Библ. 3.

УДК 621.774.372;621.9.048.6

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ВОЛОЧЕНИЯ И ОБЖАТИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ИНСТРУМЕНТА. СЕВЕРДЕНКО В.П., СТЕПАНЕНКО А.В., ВИНЕРСКИЙ С.Н. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП. 3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приведены результаты исследований по безоправочному волочению труб размером 16x10 и из латуни Л62ТМ при различных обжатиях и скоростях волочения от 0,05 до 0,4 м/сек в обычных условиях и с наложением ультразвуковых колебаний. Показано, что при волочении через волоку, расположенную в пучности напряжений продольно колеблющуюся стержню, эффект от воздействия ультразвука с точки зрения снижения усилия волочения падает с увеличением обжатия и при скоростях от 0,05 до 0,40 м/сек практически не зависит от скорости волочения, что создает возможности для дальнейшего совершенствования этой схемы с целью использования ее в промышленности.

Илл. I. Библ. 3.

УДК 621.762.4.011

К ВОПРОСУ ОБ ОПЕРЕЖЕНИИ ПРИ ПРОКАТКЕ ПОРОШКОВ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ЛОЖЕЧНИКОВ Е.Б., ЖАЕК М.А. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП. 3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Проведено исследование величины опережения в зависимости от толщины ленты при постоянной ее плотности и, наоборот, от плотности при постоянной толщине ленты при ее прокатке из порошков железа, никеля, меди и смесей никеля и меди с дисперсными оксидами кремния, алюминия, циркония и графита. Установлено, что с увеличением толщины ленты при постоянной ее плотности опережение увеличивается.

При прокатке железных порошков увеличение плотности ленты

приводит к увеличению опережения, тогда как при прокатке порошков никеля и в никеля с окислами увеличение плотности лент вызывает уменьшение опережения.

Илл.2. Табл.1. Биол.5.

УДК 621.73.043.014.5

ХАРАКТЕР ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОСАДКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНТАКТНЫХ УСЛОВИЙ. БАРАНОВСКИЙ М.А., НОВИКОВ В.И. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Изложены результаты по исследованию влияния контактных условий на течение металла при высокоскоростной осадке.

Осадке подвергались образцы из стали 20 с начальными скоростями деформирования до 200 м/сек.

УДК 621.73:548.53

ИЗМЕНЕНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОСАДКЕ. БАРАНОВСКИЙ М.А., САРЕЛО С.Б. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приведены результаты изменения микроискажений кристаллической решетки и дисперсности блоков мозаики в зависимости от степени деформации при осаживании образцов без предварительного нагрева с начальными скоростями деформирования 0,0025, 100, 150, 200 и 300 м/сек. Установлено, что величина микроискажений при одной и той же степени деформации при высокоскоростном осаживании на 5-10% меньше, чем при статическом.

Илл.1.

УДК 621.73.042

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ, ОСАЖЕННЫХ С ВЫСОКИМИ СКОРОСТЯМИ. БАРАНОВСКИЙ М.А., САРЕЛО С.Б. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

С помощью метода координатной сетки исследовано распределение главной деформации по высоте образцов, осаживаемых без предварительного нагрева с начальными скоростями деформирования

0,0025, 100, 150 и 200 м/сек. Установлено, что наиболее равномерное распределение главной деформации происходит при осадке образцов с начальной скоростью 100 м/сек.

Илл. 1.

УДК 621.73.043.014

ПРОЯВЛЕНИЕ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА ПРИ ПРЕССОВАНИИ С ВЫСОКИМИ НАЧАЛЬНЫМИ СКОРОСТЯМИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ. БАРАНОВСКИЙ М.А., ШАБЕКА Л.С. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приводятся данные по исследованию влияния размеров геометрически подобных образцов на особенности течения металла, деформированное состояние и удельную энергию при высокоскоростном прессовании.

Илл.3.

УДК 621.73.043.014

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ УДАРНОМ ПРЕССОВАНИИ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА. БАРАНОВСКИЙ М.А., ШАБЕКА Л.С. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Изложены результаты по исследованию влияния начальных скоростей деформирования и различных условий трения на характер течения металла при прямом прессовании.

Прессованию подвергался алюминиевый сплав АК6 с начальными скоростями деформирования до 240 м/сек.

Илл.2.

УДК 621.73.043.014

ХАРАКТЕР УПРОЧНЕНИЯ ТРУБЧАТЫХ ИЗДЕЛИЙ, ОТПРЕССОВАННЫХ С ВЫСОКИМИ СКОРОСТЯМИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ. БАРАНОВСКИЙ М.А., ШАБЕКА Л.С. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Изложены результаты исследования характера упрочнения трубок, отпрессованных с различными вытяжками и начальными скоростями деформирования до 165 м/сек. При этом прессованию подвергались трубчатые заготовки из алюминиевого сплава АК6 без предваритель-

ного нагрева.

Илл.1.

УДК 620.178.7

СОПРОТИВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПЛОСКОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ УДАРЕ. ВЕРБИЦКИЙ Е.И., МЕХЕД И.Н., ЧАЙКА В.А. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приведена методика построения кривых упрочений из испытания на удар. Метод даст возможность определять напряжение вдоль оси симметрии, не прибегая к сложным замерам, путем анализа деформации координатной сетки.

Библ.4.

УДК 621.891:620.178.7

О КОЭФФИЦИЕНТЕ ТРЕНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ УДАРЕ. ВЕРБИЦКИЙ Е.И., МЕХЕД И.Н., ЧАЙКА В.А. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП. 3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приводится методика определения коэффициента трения при плоском пластическом ударе деформированием координатной сетки. Приведено сравнение коэффициентов трения при статическом деформировании и плоском ударе свинцовых образцов.

Библ.3.

УДК 539.374:531.66

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ КОРОТКИХ МЕДНЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ УДАРЕ ИХ С ЖЕСТКОЮ ПЛИТУ. ЧАЙКА В.А., МЕХЕД И.Н., ВЕРБИЦКИЙ Е.И. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приводятся данные о распространении больших пластических деформаций в медных стержнях в зависимости от скорости удара и соотношения высоты образца к его диаметру.

Библ.2.

УДК 621.983.4:534.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМАЗОК ПРИ ВИБРАЦИОННОМ ВЫДАВЛИВАНИИ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ДОБРОВОЛЬСКИЙ И.Г., БУЛАХ В.Н., КОРОТКЕВИЧ В.П. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Исследована эффективность ряда смазок при выдавливании в условиях низкочастотного виброн нагружения. Обратному выдавливанию подвергались образцы из свинца, алюминия и меди.

Илл.1. Библ.3.

УДК 621.777:534.8

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННОГО НАГРУЖЕНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПРИ ОБРАТНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ДОБРОВОЛЬСКИЙ И.Г., КОРОТКЕВИЧ В.П. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Дан анализ экспериментов по определению величины коэффициента контактного трения при обратном выдавливании алюминия в условиях вибрационного нагружения.

Илл.1. Библ.5.

УДК 621.961:621.9.048

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ПРИ ВЫРУБКЕ-ПРОБИВКЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ЕВДОКИМЕНКО Г.Т., ПАЩЕНКО В.С. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Представлены экспериментальные данные по исследованию коэффициентов трения между рабочей поверхностью инструмента и заготовкой.

Показана зависимость коэффициента трения при вырубке-пробивке с ультразвуком от толщины материала, смазки и других факторов.

УДК 621.961:621.9.048

О ВЛИЯНИИ АМПЛИТУДНО-СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ВЫРУБКИ И ПРОБИВКИ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ПАЩЕНКО В.С., БАРАНОВ И.С., КОЛОСОВСКИЙ А.А. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ",

МИНСК, 1972.

Рассмотрен вопрос о взаимном влиянии акустических и технологических параметров вырубки и пробивки на процесс пластической деформации. Приводятся экспериментальные данные по снижению усилия деформации, удельного сопротивления срезу.

Библ.4.

УДК 621.981:621.9.048

КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ ИЗОГНУТЫХ С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ, СЕВЕРДЕНКО В.П., ПАЩЕНКО В.С., КУРС А.М. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Проведены исследования по гибке стальных и латунных образцов толщиной 2-4 мм с наложением ультразвуковых колебаний. Установлен оптимальный момент воздействия ультразвуковых колебаний в процессе деформации, снижение на 40% усилия деформирования в этом случае, более равномерное распределение деформации и уменьшение в 1,3-2,3 раза остаточных напряжений I-го рода.

Табл.1.

УДК 539.4.014.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ I-ГО РОДА В ДЕТАЛЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ ГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКОЙ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ОВЧИННИКОВ П.С. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Получена формула для определения величины остаточных напряжений I-го рода в деталях, изготовленных глубокой вытяжкой на операции свертки. Показано, что экспериментальные данные находятся в хорошем соответствии с теоретическими.

Библ.2.

УДК 539.389

ЗАВИСИМОСТЬ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ I-ГО РОДА ОТ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ОВЧИННИКОВ П.С. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Исследовано влияние степени деформации при глубокой вытяжке

на величину остаточных напряжений I-го рода в стали IX18H9T, ЮКП-ВГ и латуни Л62-М.

Библ.4.

УДК 621.777:534.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ УДЕЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ НА СТЕНКАХ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРЯМОМ ВЫДАВЛИВАНИИ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ДОБРОВОЛЬСКИЙ И.Г., КОРОТКЕВИЧ В.П. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Исследованы величины удельных давлений и характер их распределения по стенкам матриц прямого выдавливания при различных режимах деформирования.

Установлено уменьшение удельных давлений и сглаживание эпюры их распределения при вибрационном выдавливании.

Илл.1. Библ.3.

УДК 621.75.047

ОПЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВАЛЬЦОВКЕ КРУГЛЫХ ПОЛОС В ЯЩИЧНОМ КАЛИБРЕ С ВЫХОДОМ МЕТАЛЛА В ЗАУСЕНЕЦ. СЕВЕРДЕНКО В.П., СИНИЦЫН В.Г., КАУФМАН К.М. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Рассмотрены особенности процесса штамповочной вальцовки поковок, калибры для получения которых имеют на отдельных участках ящичную форму. Исследована зависимость опережения от ширины заусенца, относительной смещенной площади и температуры заготовки.

Предложены формулы для определения опережения в интервале ковочных температур 900-1150⁰С, которые могут найти применение при расчете калибров для вальцовки поковок простой формы с выходом металла в заусенец.

Илл.4. Библ.7.

УДК 620.172.254

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ СКОРОСТЕЙ ДЕФОРМАЦИЙ НА ПЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТ.20 ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ С РАДРЕЗАМИ. СЕВЕРДЕНКО В.П., БУЛАХ В.Н., ПАЩЕНКО В.С., ДОБРОВОЛЬСКИЙ И.Г.

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3
"МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Дан анализ экспериментов по изучению влияния различной формы надрезов при высокоскоростном растяжении стальных образцов.

Илл. 2. Библ.3.

УДк 621.73.047

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАЛЬЦОВКИ КРУГЛЫХ ПОЛОС
В ЯЩИЧНОМ КАЛИБРЕ С ВЫХОДОМ МЕТАЛЛА В ЗАУСЕНЕЦ. СЕВЕРДЕНКО В.П.,
КАУФМАН К.М., РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ",
ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ",
МИНСК, 1972.

Описаны результаты исследования зависимости между коэффициентом вытяжки, размерами заусенца и параметрами очага деформации при вальцовке круглых полос в ящичном калибре.

Предложены формулы для определения коэффициента вытяжки и размеров получаемого заусенца, которые могут найти практическое применение при расчете калибровки для штамповочной вальцовки поковок.

Илл. 2. Библ.3.

УДК 539.374

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОЛЬШИХ ПЛАСТИЧЕСКИХ
ДЕФОРМАЦИЙ В КОРОТКИХ СТАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ. ЧАЙКА В.А.,
МЕХЕД И.Н., ВЕРБИЦКИЙ Е.И., РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОР-
НИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ
ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приводятся данные о распространении пластических деформаций в стальных образцах при ударе их о жесткую плиту в зависимости от скорости удара и отношения высоты образца к диаметру и сравниваются с деформацией медных образцов.

Илл. 1. Библ.2.

УДК 621.9.015

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВЫХ СЛОИСТЫХ МАТЕРИА-
ЛОВ. СЕВЕРДЕНКО В.П., КОСТЮКЕВИЧ С.С., НИЧИПОРОВИЧ Г.Ф., КУС-
ТЕР Я.Б., ДОЛГОВ В.И., РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

"МЕТАЛЛУРГИЯ", вып.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Приведено описание специального дитчика к профиллограф-профиллометру блочной конструкции модели 201 завода "Калибр" и методика определения с его помощью качества поверхности. Форма поверхности, полученная при пробивке отверстий в ультразвуковом поле, является более благоприятной (меньше расслоений, острых выступов и т.д.) с точки зрения качества и надежности детали, чем форма поверхности, полученная при пробивке обычными методами.

Илл.2. Библ.9.

УДК 620.1.05

КОПРЫ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ ИСПЫТАНИИ. МЕХЕД И.Н., ЧАЙКА В.А., ВЕРБИЦКИЙ Е.И. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", вып.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Копры предназначены для скоростных испытаний металлов на осадку. Копер с диаметром канала ствола 100 мм и длиной 200 мм обеспечивает скорость только свыше 100 м/сек.

Копер со сменными стволами диаметром 20+40 мм длиной 200 мм обеспечивает скорость образца до 500 м/сек.

Копры отличаются простотой устройства и малыми габаритами. Илл.2.

УДК 621.778.6:621.9.048

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА КОНТАКТНОЕ ТРЕНИЕ ПРИ ОСАДКЕ. СЕВЕРДЕНКО В.П., ПАШЕНКО В.С., ЕВДОКИМЕНКО Г.Т. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК "МЕТАЛЛУРГИЯ", вып.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Проведены исследования влияния ультразвука на контактное трение при осадке медных и алюминиевых образцов со смазкой и без нее.

В результате экспериментов можно сделать выводы о снижении коэффициента трения при осадке с ультразвуком по сравнению с осадкой в обычных условиях.

Табл.1.

УДК 378.14

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ЧТЕНИИ ЛЕКЦИЙ. ПА-
ЩЕНКО В.С., МЕХЕД И.Н. РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК
"МЕТАЛЛУРГИЯ", ВЫП.3 "МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ
ДАВЛЕНИЕМ", МИНСК, 1972.

Рассмотрены методические основы применения технических
средств обучения при чтении специальных курсов.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Творческий юбилей	3
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО. Прокатка со сдвигом металла в очаге деформации	7
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, М.В.ЛОГАЧЕВ. Среднее удельное давление при прокатке с продольными ультразвуковыми колебаниями валков	10
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, В.В.КАЛЕНИК. Кинематика процесса прокатки с крутильными противофазными ультразвуковыми колебаниями валков	12
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, М.В.ЛОГАЧЕВ. Прокатка полос симметрично узла продольных ультразвуковых колебаний	15
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, Н.Г.СЫЧЕВ. Расход энергии при прокатке с ультразвуком	17
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, Е.Г.СЫЧЕВ. Влияние ультразвука на процесс горячей прокатки полос	19
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, Н.Г.СЫЧЕВ. Основы конструирования станов для прокатки с ультразвуком	21
В.П.СЕВЕРДЕНКО, Ю.Б.БАХТИНОВ. Соотношение между деформациями при прокатке	24
В.П.СЕВЕРДЕНКО, В.Б.БАХТИНОВ. Исследование износостойкости и эффективности применения литых секторов при прокатке профилей переменного сечения	32
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, Н.Е.КУЛАГА. Волочение с полос с ультразвуком через роликовую волоку	37
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, С.Н.ВИНЕРСКИЙ. Характер изменения усилия при волочении труб с ультразвуком	40
В.П.СЕВЕРДЕНКО, А.В.СТЕПАНЕНКО, С.Н.ВИНЕРСКИЙ. Влияние скорости волочения и обжата на эффективность действия ультразвука при продольных колебаниях инструмента.	43
В.П.СЕВЕРДЕНКО, Е.Б.ЛОЖЕЧНИКОВ, М.А.БАЕК. К вопросу об опережении при прокатке порошков	46
И.А.БАРАНОВСКИЙ, В.И.НОВИКОВ. Характер течения металла при высокоскоростной осадке в зависимости от контактных условий	50

М.А.БАРАНОВСКИЙ, С.Б.САРЕЛО. Изменение тонкой структуры образцов при высокоскоростной осадке	52
М.А.БАРАНОВСКИЙ, С.Б.САРЕЛО. Исследование деформированного состояния образцов, осажденных с высокими скоростями	54
М.А.БАРАНОВСКИЙ, Л.С.ШАБЕКА. Проявление масштабного фактора при прессовании с высокими начальными скоростями деформирования	56
М.А.БАРАНОВСКИЙ, Л.С.ШАБЕКА. Особенности течения металлов при высокоскоростном ударном прессовании без предварительного нагрева	58
М.А.БАРАНОВСКИЙ, Н.С.ШАБЕКО. Характер упрочнения трубчатых изделий, отпрессованных с высокими скоростями деформирования	61
Е.И.ВЕРБИЦКИЙ, И.Н.МЕХЕД, В.А.ЧАЙКА. Сопротивление деформации при плоском пластическом ударе	63
Е.И.ВЕРБИЦКИЙ, И.Н.МЕХЕД, В.А.ЧАЙКА. О коэффициенте трения при пластическом ударе	67
В.А.ЧАЙКА, И.Н.МЕХЕД, Е.И.ВЕРБИЦКИЙ. Пластическая деформация коротких медных стержней при ударе их о жесткую плиту	70
В.П.СЕВЕРДЕНКО, И.Г.ДОБРОВОЛЬСКИЙ, В.Н.БУЛАХ, В.П.КОРОТКЕВИЧ. Эффективность смазок при вибрационном выдавливании	72
В.П.СЕВЕРДЕНКО, И.Г.ДОБРОВОЛЬСКИЙ, В.П.КОРОТКЕВИЧ. Влияние вибрационного нагружения на коэффициент трения при обратном выдавливании	75
В.П.СЕВЕРДЕНКО, В.С.ПАЩЕНКО, Г.Т.ЕВДОКИМЕНКО. Исследование коэффициентов трения при вырубке-пробивке в ультразвуковом поле	78
В.П.СЕВЕРДЕНКО, В.С.ПАЩЕНКО, И.С.БАРАНОВ, А.А.КОЛОСОВСКИЙ. О влиянии амплитудно-силовых параметров на процесс вырубки и пробивки	80
В.П.СЕВЕРДЕНКО, В.С.ПАЩЕНКО, А.М.КУРС. Качество деталей изогнутых с наложением ультразвуковых колебаний	81
В.П.СЕВЕРДЕНКО, П.С.ОВЧИННИКОВ. Исследование остаточных напряжений I-го рода в деталях, полученных трубкой вытяжкой	83
В.П.СЕВЕРДЕНКО, П.С.ОВЧИННИКОВ. Зависимость остаточных напряжений I-го рода от степени деформации	89

В.П.СЕВЕРДЕНКО, И.Г.ДОБРОВОЛЬСКИЙ, В.П.КОРОТКЕВИЧ. Исследование влияния режимов деформирования на величину удельных давлений на стенках инструмента при прямом выдавливании	91
В.П.СЕВЕРДЕНКО, В.Г.СЯНИЦЫН, К.М.КАУФМАН. Опережение при вальцовке круглых полос в ящичном калибре с выходом металла в заусенец	95
З.П.СЕВЕРДЕНКО, К.М.КАУФМАН. Экспериментальное исследование процесса вальцовки круглых полос в ящичном калибре с выходом металла в заусенец	104
В.С.СЕВЕРДЕНКО, В.Н.БУЛАХ, В.С.ПАЩЕНКО, И.Г.ДОБРОВОЛЬСКИЙ. Влияние высоких скоростей деформации на пластические свойства ст.20 при растяжении цилиндрических образцов с надрезами.	108
В.А.ЧАЙКА, И.Н.МЕХЕД, Е.И.ВЕРБИЦКИИ. Экспериментальное изучение распространения больших пластических деформаций в коротких стальных цилиндрических образцах.	112
В.П.СЕВЕРДЕНКО, С.С.КОСТЮКЕВИЧ, Г.Ф.НИЧИПОРОВИЧ, Я.Б.ШУСТЕР, В.И.ДОЛГОВ. Оценка качества поверхности деталей из листовых слоистых материалов	115
И.Н.МЕХЕД, В.А.ЧАЙКА, Е.И.ВЕРБИЦКИИ. Кспры для скоростных испытаний	121
В.П.СЕВЕРДЕНКО, В.С.ПАЩЕНКО, Г.Т.ЕВДОКИМЕНКО. Влияние ультразвука на контактное трение при осадке	124
В.С.ПАЩЕНКО, И.Н.МЕХЕД. Применение технических средств обучения при чтении лекций	127
Рефераты	130

Редактор Ф.Каштанов
Корректоры С.Финогенова, Н.Пронина

АТ II669. Подписано в печать 3/х-72г. формат 60х84¹/16
Объем 9 печ.л.; 10,35 уч.-изд.л. Тир.400. Зак.884. Цена 70 коп.

Отпечатано на ротэпринте БИИ
Минск, Ленинский проспект, 65