

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

КИСЕЛЕВ Е.А.¹, ВОЛОДИН И.М.²

¹аспирант специальности «Обработка металлов давлением»

²д.т.н., профессор

Липецкий государственный технический университет

г. Липецк, Российская Федерация

В современных условиях развития экономики нашей страны все большее значение приобретает повышение качества выпускаемой продукции. Однако немаловажной задачей является и обеспечение эффективности производства. Чем эффективнее будет производство, тем проще обеспечить выпуск качественной продукции. В данной статье рассмотрим параметры, влияющие на эффективность процессов обработки металлов давлением.

Ключевые слова: поковки, горячая объемная штамповка, статистические методы управления, ключевые показатели качества.

ENSURING THE EFFICIENCY OF METAL PRODUCTION

KISELEV E.A.¹, VOLODIN I.M.²

¹aspirant of the specialty "Metal processing by pressure"

²d.t.n., professor

Lipetsk State Technical University

Lipetsk, Russian Federation

In modern conditions of economic development of our country, improving the quality of products is becoming increasingly important. However, ensuring production efficiency is also an important task. The more efficient the production, the easier it is to ensure the production of high-quality products. In this article, we will consider the parameters that affect the efficiency of metalworking processes by pressure.

Keywords: forgings, hot stamping, statistical management methods, key quality indicators.

ВВЕДЕНИЕ

Качество штампованных поковок определяется такими показателями технологичности, как оптимальное распределение затрат материалов, времени и средств труда при изготовлении продукции. Эти показатели характеризуются трудоемкостью, материалоемкостью производства, себестоимостью изделий. Соответственно при проектировании эффективных технологических процессов обработки давлением стремятся реализовать следующие принципы [1].

1. Снижение металлоемкости технологии. Известно, что в металлообрабатывающей промышленности затраты на исходный материал составляют до 40...60 % себестоимости продукции. Таким образом, уменьшение расхода металла или увеличение коэффициента использования металла (КИМ) является главным путем повышения эффективности производства. Это может быть достигнуто за счет максимального приближения поковки к формам и размерам готовой детали благодаря уменьшению припусков и напусков [1].

2. Снижение энергоемкости технологии. Главный технический параметр операций обработки давлением — технологическая сила, что означает, находится в прямой связи с площадью поковки в плане. Реализация технологических схем с локальным

воздействием инструмента на металл позволяет значительно уменьшить необходимые силы деформации и тем самым уменьшить энергозатраты при эксплуатации менее дорогого оборудования [2].

3. Снижение трудоемкости производства. Уменьшение трудоемкости достигается за счет достижения максимального формоизменения заготовки за минимальное число операций и переходов технологического процесса. Это упрощает внедрение средств механизации и автоматизации, что ведет к повышению производительности при обеспечении высокого качества поковок и минимизации ошибок, связанных с человеческим фактором.

4. Повышение эксплуатационных показателей поковок. Достигается увеличением прочности и надежности изделий путем выбора оптимальных схем пластического деформирования. Такие схемы должны обеспечивать реализацию оптимального напряженного состояния, благоприятного для проявления пластических свойств, равномерности деформаций, что в конечном счете влияет на микроструктуру и механические свойства поковок [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Перейдем к основным причинам образования дефектов поковок, штампуемых на ГКМ (горизонтально-ковочные машины), являются: раковины, сдвиг, эксцентричность отверстий, зажимы, не заполнение ручья штампа, неравномерный разогрев штампов и нагрев заготовок, недостаточная точность резки заготовок, неточность в изготовлении, установке и наладке штампов [2].

Значительное влияние на качество и точность поковок и прочность деталей оказывают зажимы, которые представляют собой заштампованную складку металла и могут развиваться в трещины и привести к поломке детали в процессе эксплуатации машины.

Одно из основных условий получения высокой точности и качества поковок — правильный раскрой исходного материала. При высадке на ГКМ требуется точное дозирование объемов металла с хорошими качествами резки — ровной и перпендикулярной продольной оси торца. Косой срез торца заготовки приводит к различным дефектам и браку поковок.

Стремление сократить количество переходов и повысить производительность не всегда позволяет получить бездефектные и высокой точности поковки. В массовом и крупносерийном производстве зачастую экономически оправдано усложнение штампов на данную поковку, которое обеспечивает сокращение объема последующей механической обработки и экономию металла. Выгоды, получаемые при этом, компенсируют дополнительные расходы, связанные с удорожанием многоручьевых штампов [2].

Наиболее эффективным и производительным процессом является штамповка методом выдавливания, позволяющая уменьшить число переходов при сложных конфигурациях поковок до одного-двух и получить точные и высококачественные поковки с высоким качеством обработки поверхности.

Также можно отметить, что под стойкостью штампа понимают количество поковок, изготовленных на данном штампе до выхода его из строя. Различают стойкость штампа до его капитального ремонта и полную стойкость, т. е. количество снятых со штампа поковок с учетом всех восстановлений. Факторы, влияющие на стойкость штампа, можно разделить на четыре основные группы: качество штампа, определяемое маркой штамповой стали и технологией его изготовления; режим эксплуатации; конструкция штампа; технология штамповки [2].

Современные программы для конечно-элементного анализа и автоматизации проектирования позволяют существенно изменить алгоритмы расчета и разработки штампов. Возможность учитывать упругое восстановление детали и использование метода конечных элементов позволяют повысить точность штампуемых изделий и сократить время подготовки их производства [2].

Проведем анализ назначения штампов для холодной листовой штамповки

Холодный штамп — это вид технологической оснастки, с помощью которого заготовке придают заданную форму без воздействия температур. Холодную штамповку характеризует высокая производительность, малое количество отходов производства, низкое потребление энергии и возможность изготовления сложных изделий с достаточно высокой точностью [3].

Холодный штамп состоит из пакета и блока. Пакет — это основа для сборки деталей штампа, его закрепляют в блоке штампа. Блок совмещает рабочие элементы штампа, состоит из нижней и верхней плит, колонок и втулок. Верхняя плита служит для крепления к ползуну, а нижняя фиксирует штамп на подштамповой плите, которая установлена на столе пресса [3].

Различают следующие виды штампов:

а) холодный штамп простого действия (выполняет одну технологическую операцию за один ход ползуна);

б) холодный штамп совмещенного действия (одновременно выполняет две или несколько технологических операций);

в) холодный штамп последовательного действия (выполняет несколько переходов в течение нескольких ходов ползуна пресса).

Классифицируют штампы по технологическим и конструктивным признакам. К технологическим относятся: выполняемая операция — вырубка, гибка, вытяжка и т. д., степень сложности операций (сочетание операций). К конструктивным признакам относятся: способы соединения рабочих частей, фиксации заготовок, способы снятия и удаления изделий [3].

От способа нагрева заготовок зависит интенсивность образования окалина и, следовательно, стойкость штампа. Важным является строгое соблюдение температурного интервала штамповки. При завышении температуры нагрева заготовки увеличивается и температура поверхности штампа, твердость которого может уменьшиться в результате разупрочнения. Кроме того, повышение температуры нагрева связано с увеличением интенсивности образования окалина. Снижение же температуры заготовки увеличивает сопротивление металла деформированию, что потребует дополнительных ударов молота для штамповки, повысит нагрузки на штамп и отрицательно скажется на его стойкости.

Сперва необходимо рассмотреть факторы, определяющие точность и качество поковок.

Все поковки по качеству делятся на три группы: годные, дефектные и окончательный брак. Поковки первой группы соответствуют всем предъявляемым требованиям и не имеют дефектов. Поковки, имеющие те или иные, исправимые дополнительной обработкой дефекты, называются дефектными. Поковки с неисправимыми дефектами — это окончательный брак, который, в основном, направляют на переплавку.

Дефект поковок может быть обусловлен многими причинами, в том числе дефектом исходной заготовки или исходного металла, либо нарушением режима штамповки, а именно [1]:

- несоответствие длины заготовки заданной, появляется при неправильной установке упора, недостаточной его жесткости крепления или неполной подаче прутка до упора;

- косой и грубый срез или скол металла исходной заготовки, искривление и чрезмерное смятие конца заготовки. Появляются такие разновидности дефектов при резке из-за неправильно выбранной величины зазора между ножами;

- торцевые трещины образующиеся, главным образом, при резке крупных профилей из высокоуглеродистых сталей и являются результатом больших внутренних напряжений, вызванных неравномерностью деформации при резке;

- неглубокими рисками или волосиной, что являются результатом некачественной прокатки;

- крупнозернистая структура поковки, получается при перегреве металла исходной заготовки или окончании штамповки при слишком высокой температуре;

- вмятины, заштампованная окалина на поверхности поковки, или отпечаток от нее, образуются при плохом удалении окалина из ручьев штампа;

- не полная штамповка - увеличение сверх допуска всех размеров поковки в направлении движения инструмента. Возникает при недостаточном числе ударов молота, недостаточном усилии штамповочного оборудования, малой температуре нагрева заготовки, а также при повышенном объеме исходной заготовки;

- перекос или смещение одной половины поковки относительно другой в плоскости разъема штампа, возникает из-за неправильной установки штампа;

- ослабление размеров - уменьшение размеров поковки относительно заданных чертежом возникает при большом износе чистового ручья или при одностороннем срезе заусенца из-за неправильной установки обрезающего штампа;

- кривизна - отклонение осей и плоскостей поковки от заданных, может возникать при обрезке заусенца, из-за коробления при термообработке и остывании поковки;

- отклонение твердости от требуемой или ее пестрота по поверхности, возникает в результате неправильного режима термообработки;

- наличие окалины – при нарушении режима очистки от нее.

Окончательный контроль штампованных поволоков предусматривает проверку качества поверхности (контроль осуществляют ее визуальным осмотром), проверку геометрических размеров шаблоном и механических свойств (существующими методами). Скрытые дефекты выявляют люминесцентным или магнитным методом контроля [1].

Также немаловажную роль играет коэффициент использования металла, который в кузнечно-штамповочном производстве составляет от 0,5 до 0,6, иногда до 0,9.

Потеря (отход) металла наблюдается на разных переделах: при разделке металла, при штамповке в открытых штампах, при механической обработке.

Для выявления потерь металла при выполнении операций введен ряд коэффициентов, которые позволяют учесть эти потери на разных переделах.

Общий коэффициент использования металла (КИМ) определяют соотношением [1]:

$$\text{КИМ} = \eta_{\text{ИМ}} = G_{\text{дет}} / G_{\text{мет}}, \quad (1)$$

где $G_{\text{дет}}$ – масса детали, кг; $G_{\text{мет}}$ – масса металла, израсходованного на получение детали (норма расхода), кг.

Пути повышения коэффициента использования металла (КИМ)

Так как затраты на металл составляют существенную часть стоимости поволоков, то совершенствование технологии штамповки нацелено на экономию металла и направлениями такого совершенствования являются:

- применение профильного проката;
- применение периодического проката.

Использование периодического проката под штамповку обеспечивает значительный эффект в крупносерийном и массовом производствах. Наиболее перспективным является применение периодических профилей, изготовленных поперечной прокаткой.

Основными способами повышения КИМ являются [2]:

- выбор рациональной формы заказа металлопроката;
- максимальное использование отходов;
- снижение потерь от торцевых обрезков;
- выбор оптимальных допусков на длину заготовки;
- корректирование длины заготовки по заданной массе.

Наиболее высокий КИМ можно получить при заказе и использовании металлопроката мерной или кратной длины, но при этом увеличиваются стоимость металла.

С целью снижения технологических отходов, то есть повышения КИМ за счет повышения коэффициентов выхода годного и весовой точности, в кузнечных цехах применяют целый ряд конструкторских и технологических разработок, в том числе используют ковочно-сварные

конструкции заготовок, специализированную оснастку, рациональные конструкции слитков и заготовок [2].

При изготовлении относительно небольших поковок, рекомендуется многоштучная штамповка. При этом необходимо выбирать такое расположение фигур, при котором требуется наименьшее число заготовительных ручьев и будет обеспечена наибольшая экономия металла при рациональном использовании зеркала штампов.

Также применяют использование особенной оснастки, ограничивающей свободное течение металла (подкладные штампы, профильные бойки, вкладыши). Использование несложной оснастки позволяет снизить массу поковок на 25 %. Автоматизация управления и проектирования ковочно-штамповочными процессами также способствует повышению КИМ [2].

Наиболее эффективным способом повышения КИМ при ковке является применение специализированных исходных заготовок, удлиненных, малоприбыльных, бесприбыльных и пустотелых слитков, заготовок, полученных непрерывной разливкой, имеющих высокий коэффициент выхода годного металла.

При штамповке резервами экономии металла являются получение поковок с повышенным коэффициентом весовой точности за счет снижения напусков, применение специальных методов получения поковок, в сочетании штамповки со сваркой и литьем, позволяет изготавливать крупногабаритные детали ответственного назначения с высоким КИМ. Так изготавливают цилиндры с глухим дном, различные диски, поковки типа валов, колец и обечаек.

Основными направлениями совершенствования технологии штамповки для улучшения технико-экономических показателей (ТЭП) являются изменение конструкции детали и поковки на наиболее рациональную и ужесточение припусков и напусков, изменение размеров заготовки и предварительная подготовка их формы на специальном оборудовании. Модификация конструкции ручьев штампа и применение новых конструкций канавок, как и применение сдвоенной штамповки, и совмещение выполнения разделительных и формоизменяющих операций - все это способствует повышению ТЭП [3].

Рациональное использование отходов, применение мало- и безокислительного нагрева повышает КИМ. Значительную экономию металла и повышение производительности и точности поковок можно достичь при комбинированной и сдвоенной штамповке.

Потери металла на заусенец составляют от 10 до 30 % от массы поковки, и они тем больше, чем меньше поковка. Применение штамповки с малым заусенцем и без него - один из резервов повышения КИМ. Применение такой штамповки уменьшает расход металла от 5 до 10 % [3].

Изготовление поковок в закрытых штампах, комбинированная и групповая штамповка обеспечивают экономию металла от 10 до 30 %, снижение трудоемкости и себестоимости.

Комбинированная штамповка такая, при которой работу основного кузнечно-штамповочного оборудования совмещают с машинами, предназначенными для выполнения предварительного формоизменения поковок (например, сочетание вальцы – пресс).

Групповая штамповка – одновременное получение нескольких поковок. Многоштучная штамповка небольших поковок позволяет повысить производительность и более полно использовать металл и зеркало штампа. Спаренная штамповка позволяет избежать применение сложных заготовительных ручьев.

Использование отходов для изготовления других деталей также позволяет повысить КИМ.

ВЫВОДЫ

В итоге, качество поковок и штампуемых изделий определяется правильностью их геометрических форм и размеров, механическими свойствами, макро- и микроструктурой, отсутствием поверхностных и внутренних дефектов. Получение высококачественных поковок и штампуемых изделий зависит от качества разработки, проектирования и выполнения

технологического процессаковки, а также от организации работы технического контроля, в задачу которого входит не только выявление, но и предупреждение брака.

Варианты совершенствования технологических процессов штамповки

Обработка металла давлением - это экономичные процессы с высокой производительностью, широко применяемые практически во всех отраслях промышленности. Характерным для современных операций ОМД, является качественное изменение технологических процессов, происходящих по следующим направлениям [3]:

- комплексная механизация и автоматизация процесса;
- интенсификация процессов штамповки за счет повышения быстроходности оборудования и создания непрерывных технологических процессов;
- разработка способов штамповки без припусков или с минимальным припуском (изотермическая штамповка, штамповка в разъемных матрицах, штамповка без заусенца и др.);
- обработка давлением в состоянии сверхпластичности;
- разработка способов и режимов обработки малопластичных и трудно деформируемых материалов;
- совершенствование нагревательных устройств для обеспечения мало окислительного и безокислительного нагрева заготовок;
- широкое использование новых и специальных видов объемной штамповки.

Также эффективность производства можно повысить путем применения комплексных технологических процессов штамповки, а также механизации и автоматизации процессов штамповки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Резников, Ю.П. Описание формы поковки и формирование сетки при расчете процессов штамповки методом конечных элементов [Текст] / Ю.П. Резников, Г.М. Курочкин // Известия вузов. Черная металлургия - 1982.- №4.- 264 с.
2. Смирнов-Аляев, Г. А. Элементарные основы теории обработки металлов давлением. Библиотека кузнеца-новатора, вып.2 / под ред. А.В. Камнева.- М.: МАШГИЗ, 1958. - 164 с.
3. Горячая штамповка выдавливанием стальных деталей / Н.Л. Соколов. – М.: Машиностроение, 1967. - 192 с.
4. Гуляев Н.Ю., Володин И.М., Золотухин П.И. Анализ технологических схем штамповки поковки с центральным отростком // Актуальные проблемы технических наук: материалы областной научно-практической конференции. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2009 – с. 64 – 66.
5. Володин И.М. Система основных принципов проектирования процессов горячей объемной штамповки// Проблемы механики сплошных сред и смежные вопросы технологии машиностроения: Сборник докладов третьей конференции. Владивосток- Комсомольск-на-Амуре, сентябрь 2004 г. Комсомольск-на-Амуре: ИМиМ ДВО РАН, 2004. с. 270-277.
6. Пат. Российской Федерации. № 2212974. Способ изготовления поволоков с отростками. / А.А. Ромашов, И.М. Володин, А.В. Перевертов, Ю.П. Клочков, В.С. Мартюгин, Н.В. Березюк. Заявка 2001128693; заявлено 25,10,2001; опубл. 27.09.2003.
7. Файншмидт, Е.М. Ресурсосберегающие технологии в машиностроении / Е.М. Файншмидт, В.Ф. Пегашкин // М-во науки и высш. обр. РФ, ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагил. Технол. ин-т (фил.). – Нижний Тагил: НТИ УрФУ, 2019 – 363 с.
8. Амосенок, Э. П. Машиностроение как доминанта в инновационных процессах / под ред. Г. М. Мкртчяна, В. А. Бажанова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2008. – 156 с.

REFERENCES

1. Reznikov, .P. forms and grids for stamping finite [Text] / .P. , G. Kurochkin // universities. metallurgy.- No. 4.- S.
2. Smirnov-, G. . Elementary theories of metals. Library -innovator, .2 / ed. In.- M.: 1958. p.
3. Hot stamping by extrusion of steel parts / N.L. Sokolov. – M.: Mechanical Engineering, 1967. - 192 p.
4. Gulyaev N.Yu., Volodin I.M., Zolotukhin P.I. Analysis of technological schemes of forging forging with a central process // Actual problems of technical sciences: materials of the regional scientific and practical conference. – Lipetsk: LGTU Publishing House, 2009 – pp. 64-66.
5. Volodin I.M. System of basic principles of designing processes of hot volumetric stamping// Problems of continuum mechanics and related issues of mechanical engineering technology: Collection of reports of the third conference. Vladivostok-Komsomolsk-on-Amur, September 2004. Komsomolsk-on-Amur: IMiM FEB RAS, 2004. pp. 270-277.
6. Pat. Of the Russian Federation. № 2212974. The method of manufacturing forgings with appendages. / A.A. Romashov, I.M. Volodin, A.V. Perevertov, Yu.P. Klochkov, V.S. Martyugin, N.V. Berezyuk. Application 2001128693; declared 25,10,2001; publ. 27.09.2003.
7. Finschmidt, E.M. Resource-saving technologies in mechanical engineering / E.M. Finschmidt, V.F. Pegashkin // M-vo nauki i vysh. obr. RF, FSAOU VO "UrFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin", Nizhny Tagil. Technol. in-t (phil.). – Nizhny Tagil: NTI UrFU, 2019 – 363 p.
8. Amosenok, E. P. Mechanical engineering as a dominant in innovative processes / ed. G. M. Mkrtychyan, V. A. Bazhanova. – Novosibirsk: Publishing House of IEOPP SB RAS, 2008. – 156 p.