

*Optimization of chemical composition of white cast iron is carried out in the present work. The results of the carried out testings allow to recommend alloyed white cast irons for using for outfit of the woodworking instruments cutting edges.*

А. В. АЛИФАНОВ, ФТИ НАН Беларусі, Н. В. БУРНОСОВ, БГТУ,  
О. С. КОМАРОВ, БНТУ, О. А. ТОЛКАЧЕВА, ФТИ НАН Беларусі,  
Н. И. УРБАНОВИЧ, БНТУ

УДК 621.74.79:674.053

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛЕЗВИЙНОГО ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

На предприятиях лесного комплекса республики происходят значительные изменения номенклатуры выпускаемой продукции, растут объемы работ по технической подготовке производства, составной частью которых является обеспечение производства дереворежущим инструментом. Эффективное использование производственного потенциала во многом зависит от правильного выбора дереворежущего инструмента, характеристик и режимов его рациональной эксплуатации, что предопределяет показатели технологических процессов и производительность оборудования. В решении этой задачи важнейшая роль принадлежит поиску новых износостойких материалов для оснащения дереворежущих инструментов.

Таким материалом вполне может стать белый чугун. В последнее время многие исследователи, занимающиеся поиском дешевых материалов для изготовления деталей машин, инструмента для обработки пластмасс и древесины, обратили свое внимание на белый чугун [1–4]. Разработки, касающиеся применения белого чугуна, ведутся не только в странах ближнего (Россия, Украина), но и дальнего (США, Китай, Франция) зарубежья. К достоинствам белых чугунов можно отнести возможность достижения высокой твердости при определенной технологии закалки, сравнимой с твердостью твердых сплавов [5], малую разницу в коэффициентах температурного линейного расширения по сравнению с материалами подложек (конструкционной стали), что не вызывает короблений инструмента после его пайки. Однако одним из основных ограничений, препятствующих использованию данного материала для оснащения дереворежущих фрез, является малая ударная вязкость, что приводит к достаточно быстрому разрушению режущих кромок ножей

при обработке неоднородных материалов, к которым можно отнести древесину, ДСП, ДВП и др. Поэтому белый чугун необходимо легировать карбидообразующими элементами.

Работ, посвященных исследованию влияния легирующих элементов на структуру и свойства белых чугунов, достаточно, но они носят противоречивый характер, что требует его дополнительного изучения. В данной работе осуществлена оптимизация химического состава белого чугуна. Был выбран следующий химический состав, мас. %: С – 2,3–2,6; Cr – 15–17; V – 0,5–0,8; Ni – 0,5–0,8; Mo – 0,5–0,8; Si – 0,7–1,0. Известно, что пластическая деформация благоприятно сказывается на свойствах получаемых металлических изделий, однако применительно к белым чугунам такие работы практически не проводились.

Белые чугуны практически не используются при производстве деревообрабатывающего инструмента из-за ряда недостатков:

- низкая ударная вязкость литой дендритной структуры не обеспечивает должной стойкости, особенно при ударных нагрузках;
- большая трудоемкость механической обработки, заточки и доводки режущих кромок;
- большие литейные припуски на механическую обработку и литейные дефекты;
- при литейной технологии изготовления пластин получается низкий коэффициент использования металла.

Устранить эти недостатки возможно обработкой давлением литых заготовок методом горячей деформации.

Обработка давлением позволяет раздробить грубую литейную структуру металла и карбидную сетку, повысить почти в 1,5–2,0 раза ударную

вязкость и предел прочности белого чугуна; максимально приблизить форму заготовки к исполнительным размерам инструмента, т.е. резко снизить затраты на механическую обработку и заточку инструмента; устранить литейные дефекты в виде пор и литейных трещин; использовать эффект высокотемпературной термомеханической обработки; снизить затраты на производство литейных заготовок за счет упрощения их формы.

Для получения структуры белого чугуна, обеспечивающей высокие показатели твердости и износостойкости, а также других механических свойств, необходимо подвергнуть полученные литые заготовки горячей пластической деформации. Пластическую деформацию белого чугуна можно осуществлять несколькими способами, в частности, горячей объемной штамповкой или горячей прокаткой.

В связи с этим были разработаны два варианта технологического процесса.

В соответствии с первым вариантом заготовку режущего элемента получали с помощью горячей объемной штамповки в прямоугольной матрице с противодавлением (рис. 1).

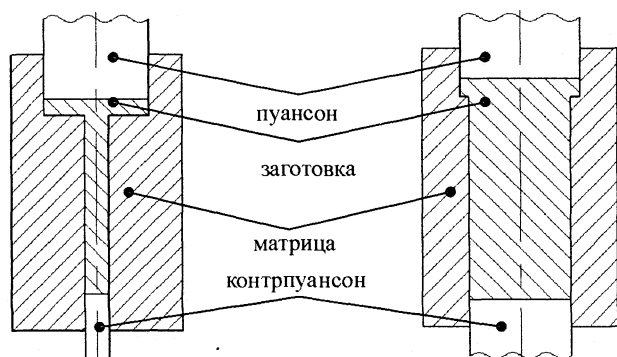


Рис. 1. Схема инструмента для объемной штамповки

Выбор оборудования для осуществления штамповки происходил на основе расчета усилия штамповки по известным формулам.

Штамповку заготовки осуществляли при температуре 1000–1050 °С. Для того чтобы снизить скорость охлаждения заготовки и разгар инструмента, перед операцией штамповки необходимо нагреть штамп до температуры 430–450 °С. Для уменьшения трения использовали смазку на основе индустриального масла марки И40. Чтобы обеспечить при деформировании напряженное состояние сжатия, штамповку проводили с противодавлением с помощью пневмомаркета усилием 270 МПа. Так как заготовка нагревается в индукционной установке, то отпадает необходимость в применении специальных устройств для очистки заготовок от окалины, что также снижает стоимость процесса получения заготовок режущих элементов. Однако процесс горячего выдавливания низкопроизводителен, в процессе выдавливания остается пресс-остаток, снижается коэф-

фициент использования металла. Во время процесса выдавливания возникают большие нагрузки на инструмент, что значительно снижает его стойкость.

Указанных недостатков лишены процессы прокатки. Поэтому был разработан технологический процесс горячей продольной прокатки.

Так как легированный белый чугун относится к труднодеформируемым материалам (по сопротивлению деформации его можно сравнить с быстрорежущими сталями), было предложено проводить процесс его деформирования в несколько переходов в калиброванных валках, чтобы создать наиболее благоприятные условия деформирования.

Деформирование проводили по схеме: квадрат → овал → прямоугольник (рис. 2).

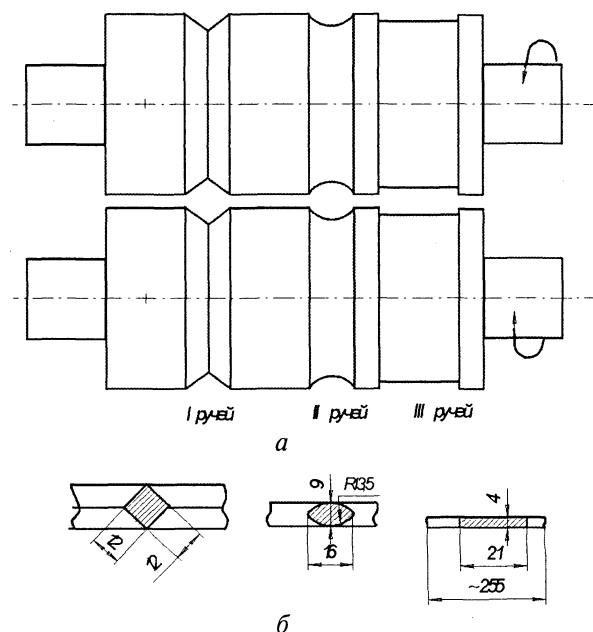


Рис. 2. Схема прокатки: а – калибрующие валки; б – профили заготовки, получаемые в соответствующих ручьях валков

Вытяжку определяли по формуле

$$\eta = \frac{F_0}{F}, \quad (1)$$

где  $F_0$ ,  $F$  – соответственно площадь поперечного сечения до и после прокатки, м<sup>2</sup>.

Уширение рассчитывали по формуле Губкина [6]:

$$\Delta b = \left( 1 + \frac{\Delta h}{H} \right) \left( \mu \sqrt{R \Delta h} - \frac{\Delta h}{2} \right) \frac{\Delta h}{H}, \quad (2)$$

где  $\Delta h$  – абсолютное обжатие:  $\Delta h = H - h$  ( $h$ ,  $H$  – высота заготовки после и до прокатки, м);  $\mu$  – коэффициент трения;  $R$  – радиус валков, м.

Прокатку проводили при температуре 1000–1050 °С. Заготовку перед каждой операцией в соответствующем ручье нагревали в печи СНОЛ 30/1100 до температуры 1080 °С. Для прокатки использовали стан прокатный 6М195.

В результате трехступенчатой прокатки были получены заготовки для изготовления пластин дереворежущего инструмента.

Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что процесс горячей прокатки наиболее приемлем для серийного производства заготовок лезвий дереворежущего инструмента в силу следующих причин: простота изготовления инструмента; высокая по сравнению с выдавливанием производительность; высокий коэффициент использования металла.

После получения заготовок, отлитых по ранее описанной технологии, проводили замеры твердости. Установлено, что у отожженного литого белого легированного чугуна в зависимости от химического состава твердость варьируется от 40 до 55 HRC и у закаленного — от 58 до 64 HRC.

После пластической деформации чугуна, в частности после прокатки, твердость чугуна возросла до 60–65 HRC. Такое повышение твердости объясняется тем, что пластическая деформация уплотнила структуру литого белого легированного чугуна, т.е. пластическая деформация в значительной степени способствует улучшению физико-механических свойств белого легированного чугуна без дополнительной термической обработки. Если же деформированный белый легированный чугун подвергнуть дополнительной термической обработке, то можно достигнуть значений твердости порядка 65–74 HRC.

Процесс обработки литой заготовки горячей объемной штамповкой целесообразно применять для получения коротких заготовок режущих элементов (40–60 мм). После операции объемной штамповки необходимо произвести отжиг полученных заготовок, охлаждая их вместе с печью от температуры 950 °С. Процесс обработки литой заготовки горячей прокаткой рекомендуется применять при изготовлении длинномерных режущих элементов (более 60 мм), после которой также производится отжиг заготовок.

Изготовление дереворежущего инструмента состоит из следующих операций: шлифование корпуса остова, выборка чистовым фрезерованием паза под пластинку белого чугуна, шлифование ножа после пайки по плоскостям и боковым граням, заточка и доводка по режущей грани пластинки. В качестве корпуса остова рекомендуется использовать конструкционные стали (сталь 30, 40, 45), режимы шлифовки которых достаточно известны.

В данной работе исследовали вопросы крепления режущих пластин на основе белого чугуна на остовы дереворежущих фрезерных ножей.

В деревообрабатывающей промышленности широко распространена технология пайки износостойких пластин на остовы режущих инструментов. Механические способы крепления износостойких пластин и ножей в корпусах фрез также достаточно широко распространены. Но применительно к материалу пластин (белый чугун) процесс пайки позволяет совместить операции креп-

ления пластин к остову с нагревом паяемого пакета до температуры закалки пластин из горячедеформированного белого чугуна.

Поэтому было принято решение использовать высокотемпературные припои (латунь, медь), что дает возможность совмещать операции пайки и термической обработки пластинок из белого чугуна. Температура закалки белого чугуна находится в пределах 1150–1200 °С.

С использованием режущих элементов из горячедеформированного белого чугуна были изготовлены образцы фрезерных ножей, напаянных медным припоем М1 (температура пайки 1150 °С) и латунным припоем Л62 (температура пайки 950 °С). Паяные соединения подвергали закалке в масле, а также путем медленного остывания на спокойном воздухе. В результате испытаний установлено, что твердость режущих пластин при остывании на спокойном воздухе составляет 54–56 HRC, а при закалке в масле — 62–63 HRC.

Адгезионная прочность паяного шва достаточно высокая, пластинки выдержали следующую нагрузку, не разрушаясь:  $\sigma=150$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\tau=120$  Н/мм<sup>2</sup>.

Для установления рациональных режимов обработки белого чугуна были проведены экспериментальные лабораторные испытания технологических процессов заточки по нескольким вариантам. Уточненный технологический процесс изготовления дереворежущих фрезерных ножей включает следующие операции.

Ножи после напайки пластинки белого чугуна укладываются на магнитную плиту плоскошлифовального станка пластинками вверх, затем кругом средней зернистости КЗ шлифуются до полного раскрытия поверхности. Режимы шлифовки: круг 63С 25 СМ2 К, окружная скорость  $v_{кр}=15-18$  м/с, скорость стола  $v_s=10-12$  м/мин, поперечная подача  $s_n=10-15$  мм (но в пределах 0,4 или 0,6 от ширины круга), толщина снимаемого слоя  $s_n=0,002-0,025$  мм.

Ножи укладываются шлифованной поверхностью на магнитную плиту и шлифуются в размер по толщине ножа с теми же режимами.

Партия ножей набирается в пакет с базированием по боковой поверхности и зажимается в специальные поворотные тиски, устанавливаемые на магнитную плиту плоскошлифовального станка. Проводится шлифовка боковой поверхности ножей с теми же режимами.

Пакет ножей поворачивается на 180° с базированием по предыдущей шлифованной боковой поверхности и проводится шлифовка второй боковой поверхности ножей с теми же режимами.

Ножи поочередно зажимаются в трехповоротных тисках, установленных на столе универсально-заточного станка мод. 3В642. Проводится предварительное формирование задней грани ножа путем снятия части металла только стальной подложки (не затрагивая пластинку белого чугуна) под углом 35° при следующих режимах: круг

электрокорунд белый 23А 40 С2 К,  $v_{кр}=30$  м/с,  $v_s=8-10$  м/мин,  $s_h=0,08-0,1$  мм.

При тех же режимах, что и в предыдущем пункте, проводят предварительную заточку по пластинке белого чугуна под углом на 2–3° меньше будущего угла заточки.

Алмазным кругом АС2 40/50 В1-01100 производится доводка режущей грани пластинки белого чугуна на заданный угол заточки (на 2–3° больше предыдущей операции) с фаской на 0,3–0,4 от толщины пластинки с последующим выхаживанием при следующих режимах:  $v_{кр}=25-35$  м/с,  $v_s=6-8$  м/мин,  $s_h=0,005-0,008$  мм.

Мелкозернистым оселком под углом 2–3° к передней грани ножа снимаются практически невидимые глазом заусенцы.

В деревообрабатывающей промышленности используется достаточно большое количество разнообразных материалов. Можно выделить две основные разновидности: натуральную древесину и плитные материалы на основе стружечных плит. Поэтому в данной работе было решено провести две основные серии испытаний:

1) на ОАО «Минскдрев» испытать ножи фрезерные на операции обработки фрезерованием боковой плоскости соснового бруска оконной заготовки на четырехстороннем продольно-фрезерном станке мод. С16-4А;

2) на ОАО «Минскмебель» испытать ножи на операции фрезерования кромок древесностружечных плит (обрабатывается пакет из двух древесностружечных плит толщиной 16 мм каждая) на фрезерном станке мод. ФШ.

Режимы обработки зависят от многих факторов: скоростей резания, подачи, подачи на нож, состояния материала, мощностей станков, требуемого качества обработки и др.

Непосредственно в производственных условиях было установлено, что основой режимов обработки являются технологическая карта обработки деталей, цикл обработки (производительность), техническая характеристика оборудования, требуемое качество обработки.

Корпуса фрез, в которых устанавливали опытные образцы ножей фрезерных, оснащенных режущими элементами из горячедеформированного белого чугуна, имеют стандартные размеры и устанавливаются с определенными угловыми параметрами на стандартном оборудовании. Поэтому с целью выявления оптимальных режимов обработки было принято решение определить рациональные углы заточки ножей фрезерных.

Ножи партиями по четыре штуки затачивали под следующими углами: 40° (стандарт для фрезерных ножей из легированных сталей типа ХВГ, 9ХС), 45 и 50°.

Партии ножей изготавливали из легированной стали ХВГ, легированного белого чугуна и с оснащением твердым сплавом ВК10 (для древесностружечных плит). Подготовку к работе прово-

дили в лабораторных условиях, максимально соблюдая требуемые технологические режимы в идентичных условиях.

На операции обработки фрезерованием боковой плоскости соснового бруска (ОАО «Минскдрев») установлено, что стойкость ножей и качество обработки изделий повышаются при переходе от 40 к 45° и ухудшаются при 50°.

Таким образом, определены оптимальные режимы обработки: частота вращения шпинделя – 5600 мин<sup>-1</sup>; скорость подачи – 20 м/мин; толщина оптимального слоя – 4 мм.

На операции фрезерования кромок древесностружечных плит (ОАО «Минскмебель») установлено, что угол заточки более 45° обеспечивает требуемое качество обработки в соответствии с технологическими картами. Однако увеличение угла заточки до 50° снизило значение заднего угла резания, что привело к прижогам кромок плит и практически аварийному износу ножей по задней кромке.

С целью установления оптимальных углов заточки были проведены дополнительные испытания, в результате которых можно предложить к использованию в промышленных условиях следующие угловые параметры ножей: для обработки натуральной древесины – угол заточки в пределах 44–46°; для обработки плитных материалов (ДСП) – угол заточки в пределах 47–48°.

По результатам производственных испытаний инструмент, оснащенный режущими элементами из горячедеформированного хромованадиевого белого чугуна, показал достаточно высокие эксплуатационные качества. Их стойкость на операции фрезерования древесных изделий по сравнению с инструментом из легированных сталей (ХВГ, 9ХС) была выше в 2 раза, а на операции фрезерования древесностружечных плит составила 40–45% от стойкости традиционно применяемого твердосплавного инструмента.

Результаты проведенных испытаний позволяют рекомендовать легированные белые чугуны к использованию для оснащения режущих кромок деревообрабатывающих инструментов.

### Литература

1. Емельюшин А. Н. // Изв. вузов. Черная металлургия. 2000. №2. С. 28–29.
2. Афанасьев В. К., Сагалакова М. М., Чибряков М. В. // Изв. вузов. Черная металлургия. 1998. №6. С. 33–34.
3. Жуков А.А., Сильман Г.И., Фрольцов М.С. Износостойкие отливки из комплексно-легированных белых чугунов. М.: Машиностроение, 1984.
4. Протасов А.А., Зуев П.П. Калибровка валков для прокатки быстрорежущей стали. М.: Металлургиздат, 1956.
5. Петровиченко Е.В., Емельюшин А.Н., Мирзаев Д.А., Мирзаева Н.М. Износостойкость инструмента из легированных хромистых чугунов, закаленных на вторичную твердость, при обработке неметаллических материалов // Изв. Челябинского науч. центра. 2001. Вып. 1.
6. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. В 3-х т. Т.3. Теория пластической деформации металлов. М.: Металлургиздат, 1961.