

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»



С. В. Пилипенко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК:

Расчет заготовки, произведенной методом
поперечно-клиновой прокатки

Методические указания
к лабораторной работе
для студентов 3 курса специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2022

Об издании – 1, 2

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 621.7(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
механико-технологического факультета
в качестве методических указаний (протокол № 4 от 02.04.2019 г.)

Кафедра автомобильного транспорта

РЕЦЕНЗЕНТ:

доц., канд. техн. наук, доц. каф. автомобильного транспорта
Полоцкого государственного университета А. Л. ЛИСОВСКИЙ;

доц., канд. техн. наук, доц. каф. автомобильного транспорта
Полоцкого государственного университета О.П. ШТЕМПЕЛЬ

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Проектирование и производство заготовок: Расчет заготовки, произведенной методом поперечно-клиновой прокатки» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Технические требования:

1 оптический диск.

Системные требования:

PC с процессором не ниже Core 2 Duo;

2 Gb RAM; свободное место на HDD 2 Mb;

Windows XP/7/8/8.1/10

привод CD-ROM/DVD-ROM;

мышь

Редактор *Т. А. Дарьянова*

Подписано к использованию 21.03.2022.

Объем издания 1,53 Мб. Заказ 216.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	5
2. ОСОБЕННОСТИ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКИ ПОКОВОК.....	10
3. РАСЧЕТ ЗАГОТОВКИ.....	14
4. ВЫБОР СХЕМЫ ПРОКАТКИ.....	17
6. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ.....	18
ЛИТЕРАТУРА	20
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	21

ВВЕДЕНИЕ

Обработка металлов давлением (далее ОМД) возможна благодаря свойству пластичности металлов, т.е. способности изменять форму без разрушения. По сравнению со всеми способами, связанными с удалением излишков металла в нужных частях заготовки (обточка, расточка, сверление шлифовка и пр.), процессы ОМД отличаются малоотходностью, что обеспечивает их широкое применение.

Поперечно-клиноватая прокатка как один из способов ОМД имеет ряд преимуществ в сравнении с другими способами получения деталей круглого сечения:

- простота изготовления и низкая стоимость плоского клиноватого инструмента, выполненного на универсальных фрезерных и шлифовальных станках;
- высокая точность размеров (0,05:0,5 мм) деталей после прокатки;
- высокая стойкость клиноватого инструмента (до 500 000 деталей);
- низкая металлоемкость оборудования;
- низкая себестоимость прокатываемых деталей (на 10% ниже, чем на валковых станах, и на 20–25% – чем при получении аналогичных деталей точением);
- простота в управлении и наладке стана;
- быстрая переналадка оборудования на выпуск новых деталей;
- полная автоматизация процесса.

Размеры прокатываемых деталей:

- диаметр 3–190 мм;
- длина 20–1000 мм.

Точность на диаметральные размеры прокатанных поковок от +0,1 мм до +0,4 мм. Максимально достигаемая точность – 0,05 мм (на диаметре 7 мм). Максимально достигаемая чистота поверхности – 0,6Ra.

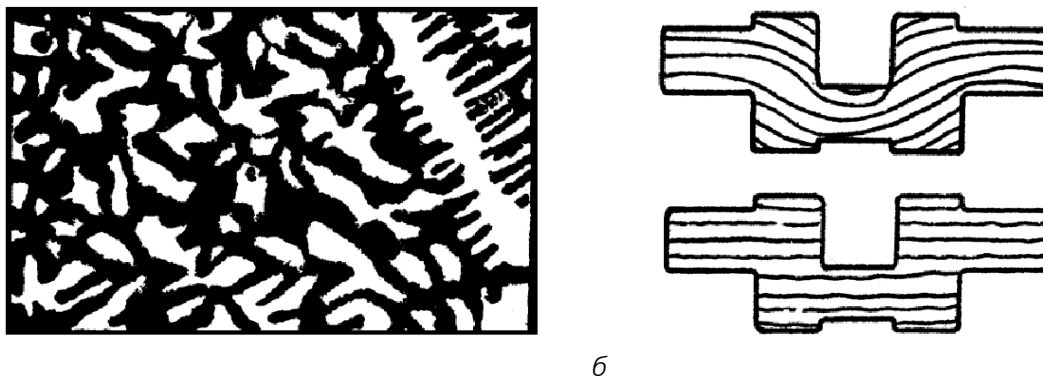
1. НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Обработка металлов давлением заключается в пластическом изменении размеров изделия посредством постепенного приведения формы заготовки к нужной форме готового изделия. Можно выделить две основные задачи, которые решаются при пластическом деформировании [1]:

- формообразование;
- улучшение структуры металла с целью повышения его физико-механических свойств.

В ходе ОМД заготовки, имеющей литую структуру (крупные кристаллиты первичной кристаллизации, рисунок 1, а), происходит дробление кристаллитов и вытягивание их в направлении наиболее интенсивного течения металла. Образуется так называемая полосчатая макроструктура с определенной степенью анизотропии (неодинаковости) механических свойств в зависимости от направления приложения сил. В связи с анизотропией механических свойств металла после горячей деформации при изготовлении деталей

рекомендуется учитывать направление волокон. Волокна должны огибать контур детали и по возможности не должны перерезаться [1–3]. Таким образом можно обеспечивать условия деформирования, при которых получаемые детали будут обладать наилучшими служебными свойствами.



a – литая; *б* – после горячей обработки давлением

Рисунок 1. – Структура литого металла до и после горячей обработки давлением

Источник: [1–3].

На пластичность (и сопротивление деформации) металлов влияют:

- температура ОМД;
- химический состав;
- скорость деформации (не путать со скоростью движения деформирующего инструмента);
- схема напряженного состояния и др.

Чем выше чистота металла, тем он пластичнее. С увеличением содержания углерода в стали ее пластичность падает, а сопротивление деформированию растет. Чем сильнее влияние растягивающих напряжений в схеме ОМД, тем более хрупко ведут себя металлы.

Скоростью деформации называется изменение степени деформации в единицу времени. Она выражается формулой

$$W = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta t}, \quad (1)$$

где $\Delta\varepsilon$ – степени деформации;
 Δt – время деформации.

Чем больше скорость деформации, тем менее пластично ведут себя металлы.

Академик С.И. Губкин разделяет все виды обработки давлением на четыре группы:

- горячая обработка, сопровождается полным завершением процесса рекристаллизации;
- неполная горячая обработка, процесс рекристаллизации не успевает произойти полностью, частично сохраняются последствия наклепа;

- неполная холодная обработка, сопровождается процессом отдыха (возврата);
- холодная деформация, характеризуется сохранением последствий наклепа.

Наклепом называют процесс упрочнения металла (с одновременным снижением уровня пластических свойств) в ходе холодной деформации металлов (рисунок 2).

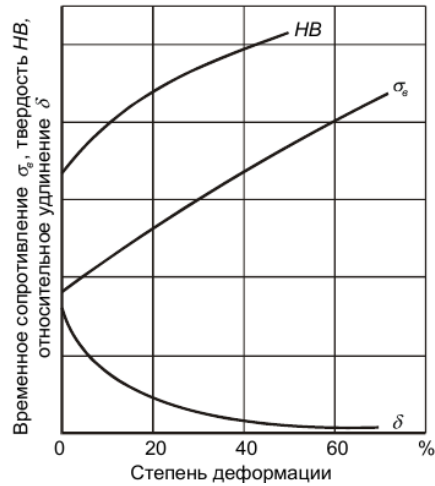


Рисунок 2. – Изменение механических характеристик стали при пластической деформации

Источник: [1–3].

Наклепанный металл для возвращения его пластических свойств подвергают отжигу (рисунок 3).

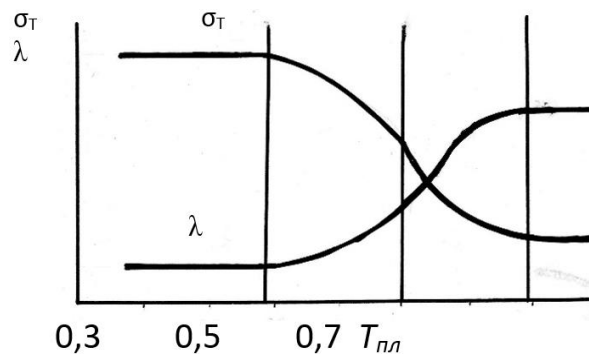


Рисунок 3. – Изменение механических свойств после нагрева и охлаждения упрочненного металла

Источник: [1–3].

Горячая ОМД, как правило, начинается с температуры рекристаллизации:

$$T_{\text{рекр.}} = 0,4T_{\text{пл}} . \quad (2)$$

О величине деформации судят по изменению размеров деформированного тела. Существуют следующие основные характеристики изменения формы тела при ОМД: абсолютные деформации, относительные деформации и коэффициенты деформации.

Рассмотрим основные характеристики величины деформации на простейшем примере (рисунок 4). Размеры прямоугольного параллелепипеда до деформации: h_0, b_0, l_0 ; после – соответственно h_1, b_1, l_1 .

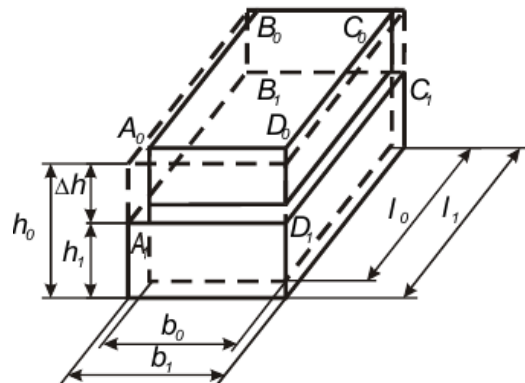


Рисунок 4. – Схема к определению характеристик величины деформации

Источник: [1–3].

Абсолютные показатели деформации:

- обжатие $\Delta h = h_0 - h_1$, мм;
- уширение $\Delta b = b_0 - b_1$, мм;
- удлинение $\Delta l = l_0 - l_1$, мм.

Относительные показатели деформации:

- обжатие $\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0}$ либо $\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0} 100\%$;
- уширение $\varepsilon_b = \frac{\Delta b}{b_0}$ либо $\varepsilon_b = \frac{\Delta b}{b_0} 100\%$;
- удлинение $\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}$ либо $\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} 100\%$.

Истинные (логарифмические) показатели деформации:

- обжатие $\varepsilon'_h = \ln \frac{h_1}{h_0}$ либо $\varepsilon'_h = \ln \frac{h_1}{h_0} 100\%$;
- уширение $\varepsilon'_b = \ln \frac{b_1}{b_0}$ либо $\varepsilon'_b = \ln \frac{b_1}{b_0} 100\%$;
- удлинение $\varepsilon'_l = \ln \frac{l_1}{l_0}$ либо $\varepsilon'_l = \ln \frac{l_1}{l_0} 100\%$.

Коэффициенты деформации:

- коэффициент обжатия $\eta = \frac{h_1}{h_0}$;
- коэффициент уширения $\lambda = \frac{b_1}{b_0}$;
- коэффициент удлинение (вытяжка) $\mu = \frac{l_1}{l_0}$.

Основные закономерности пластической деформации

Изменение объема при деформации (закон постоянства объема)

Горячая деформация литого металла, имеющего большое количество внутренних пустот и несплошностей, сопровождается их завариванием и соответствующим уменьшением объема. Объем уменьшается на 10–15%. Такое изменение необходимо учитывать при определении геометрических размеров исходного слитка или готового профиля. При четырехкратном уменьшении площади поперечного сечения слитка все несплошности завариваются, и дальнейшая деформация протекает при постоянстве объема до и после деформации. При холодной деформации благодаря повышению количества микротрещин и вакансий объем изменяется незначительно – не более чем на 0,2%. Это изменение объема в практических расчетах обычно не учитывают.

Математическое условие постоянства объема имеет вид:

$$h_0 b_0 l_0 = h_1 b_1 l_1, \quad (3)$$

где h_0, b_0, l_0 – высота, ширина и длина до деформации;
 h_1, b_1, l_1 – то же после деформации.

С помощью условия (3) можно по известным любым пяти размерам вычислить недостающий. Например, если известны размеры заготовки и поперечное сечение готового профиля, можно рассчитать его длину после деформации; если требуется получить профиль требуемой длины, можно выбрать заготовку необходимых размеров.

Закон наименьшего сопротивления

В случае возможности перемещения точек деформируемого тела в различных направлениях каждая точка деформируемого тела перемещается в направлении наименьшего сопротивления (рисунки 5, 6).

С учетом действия контактного трения сопротивление перемещению точек металла, расположенных на контактной поверхности, будет тем больше, чем дальше удалена точка от границ контактной поверхности, поэтому движение точек направлено к ближайшей границе, т.е. в направлении наименьшего сопротивления. Аналогичный характер перемещения частиц наблюдается в глубинных слоях металла, удаленных от контактной поверхности.

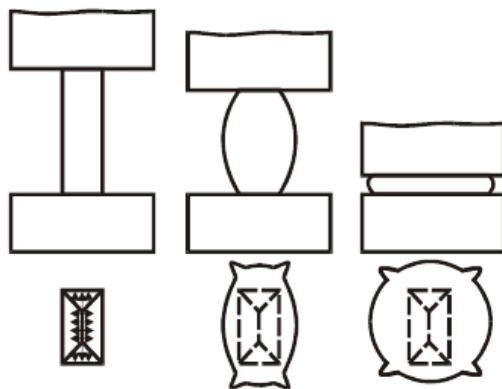


Рисунок 5. – Схема движения частиц металла при осадке заготовки прямоугольного сечения

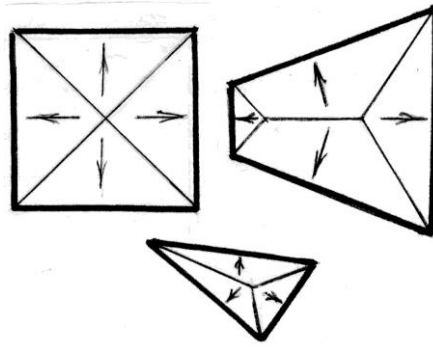


Рисунок 6. – Схемы расположения линий раздела течения для разных геометрических форм контакта

2. ОСОБЕННОСТИ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТКИ ПОКОВОК

Поперечно-клиновое прокатывание (ПКП) является малоотходной технологией ОМД. Поперечно-клиновое прокатывание изготавливаются детали типа тел вращения, этим способом получают как готовые изделия, так и полуфабрикаты (рисунок 7), подвергаемые в дальнейшем обработке на других видах кузнечно-прессового оборудования. За один проход инструмента получают готовую поковку (рисунок 8). Допускается изготовление двух поковок одновременно, если суммарная длина их не превышает ширину инструмента.

При обработке заготовок ПКП по сравнению со штамповкой на обычном кузнечно-прессовом оборудовании имеет следующие преимущества: повышается точность заготовок (рисунок 9), благодаря чему снижаются припуск на механическую обработку в 1,5...2,0 раза и расход проката на 15...30%, повышается производительность труда в 3...7 раз, улучшаются условия труда рабочих; появляется возможность получить тела вращения с оптимальной с точки зрения условий их обработки макроструктурой (рисунок 10).

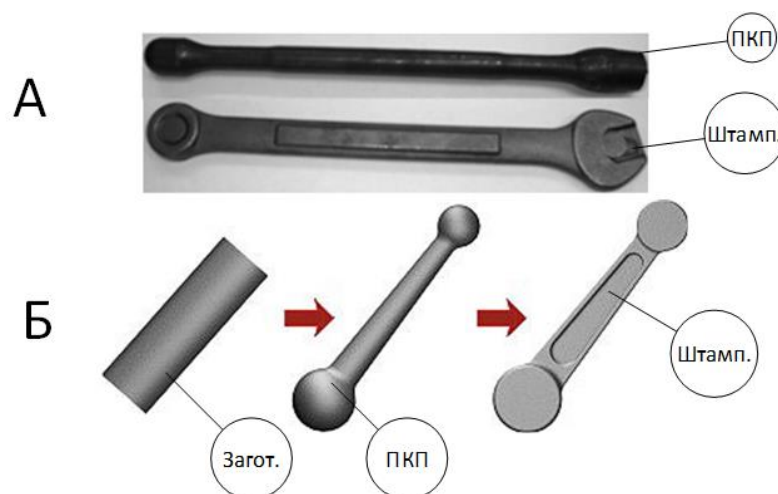
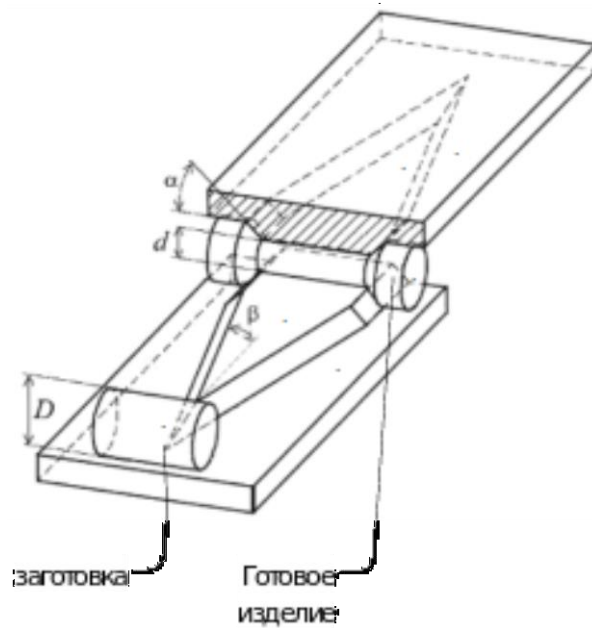


Рисунок 7. – Переходы изготовления гаечного ключа (А) и детали шатуна (Б)

Источник: [4; 8].



α – угол наклона боковой грани; β – угол заострения;
 D – диаметр заготовки; d – диаметр прокатанной ступени поковки

Рисунок 8. – Схема плоского клинового инструмента ПКП и его конструктивно-технологические параметры

Источник: [5].

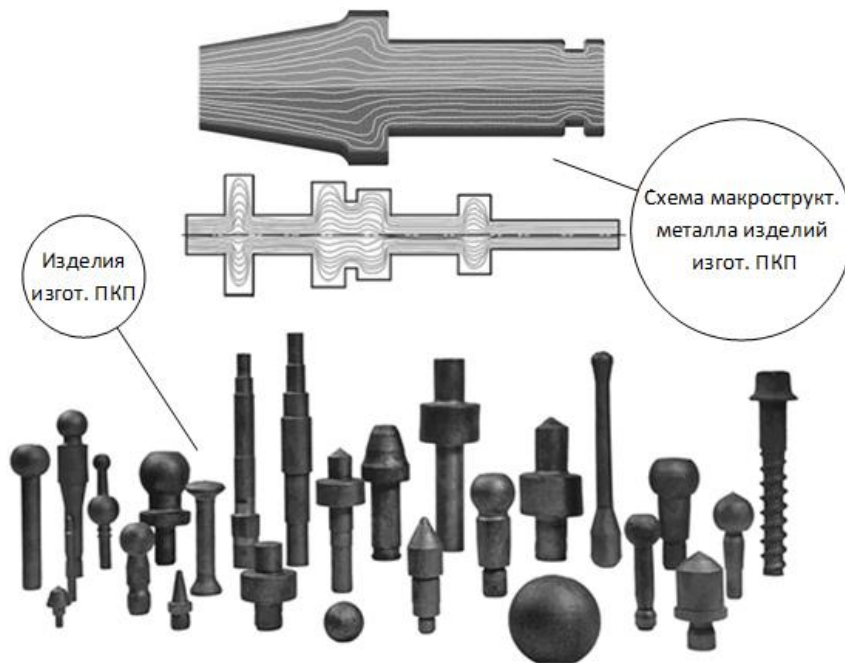


Рисунок 9. – Изделия, получаемые поперечно-клиновой прокаткой

Источник: [6; 8].

Метод поперечно-клиновой прокатки позволяет производить изделия из заготовок, имеющих круглое, шестигранное или квадратное сечение, а также из трубы. В результате прокатки начальный профиль преобразуется в круглый (рисунок 10) [8].

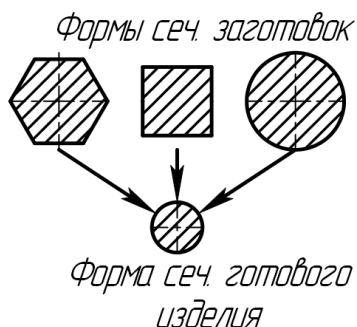
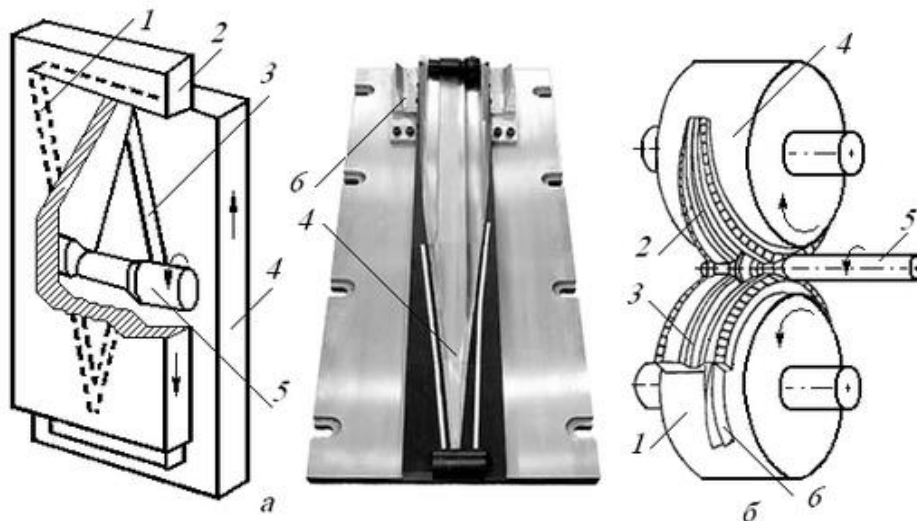


Рисунок 10. – Формоизменение поперечного сечения заготовок при ПКП

Источник: [6; 8].

Продольная ось заготовки в процессе вальцовки расположена либо перпендикулярно направлению движения плоского инструмента, либо параллельно оси вращения валков с клиновидными (рисунок 11) выступами; заготовка вращается вокруг этой оси. В результате деформирования заготовки клиновым инструментом происходит уменьшение диаметра заготовки и увеличение ее длины.



a - плоским инструментом; *б* – валково-клиновым инструментом;
1, 3 – клиновые ручки; 2, 4 – прокатные валки (плиты); 5 – заготовка; 6 – ножи

Рисунок 11. – Принципиальная схема поперечно-клиновой прокатки

Источник: [6].

Методом поперечно-клиновой прокатки можно производить изделия из конструкционных сталей, отдельных марок инструментальных и высоколегированных сталей, алюминия, латуни, меди, титана. Коэффициент использования материала при применении

поперечно-клиновой прокатки составляет 75–97%, что, как правило, выше, чем при штамповке, литье или резании [8].

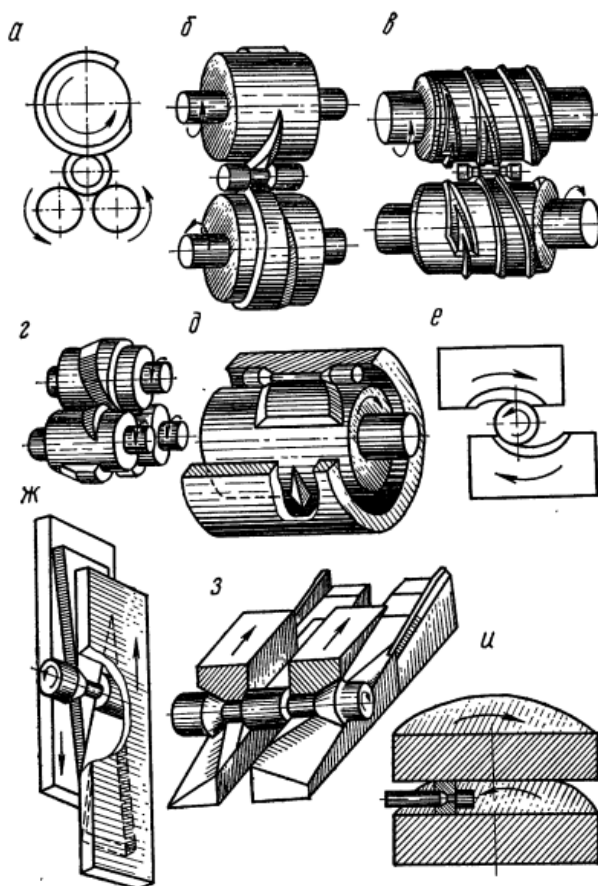
Производство заготовок для последующей обработки чистовым точением (или для обработки шлифованием) позволяет повысить коэффициент использования материала и снизить трудоемкость производства конечного изделия. Если уровень требований к чистоте поверхности готового изделия приемлем, то их возможно производить только методом ПКП (рисунок 12).



Рисунок 12. – Корпус резца, изготовленный только ПКП

Источник: [8].

На рисунке 13 показаны основные способы ПКП.

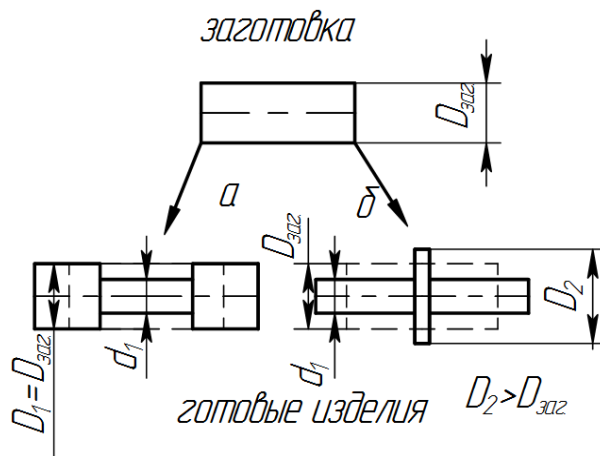


а, б – одно-, двухвалковая; *в* – с винтовыми калибрами; *г* – трехвалковая;
д – валково-сегментная; *е* – двухсегментная; *ж* – плоская;
з – плоская с неподвижной плитой; *и* – дисковая

Рисунок 13. – Основные способы ПКП

Источник: [7].

При осуществлении клиновой прокатки сечение заготовки деформируется в круг меньшего диаметра или с преобразованием локального участка из круга меньшего диаметра в круг большего диаметра (рисунок 14). Процесс прокатки с увеличением диаметра получил название *прокатка с набором* [8].



а – с уменьшением диаметра заготовки; *б* – с одновременным уменьшением и увеличением диаметра заготовки

Рисунок 14. – Варианты деформации

Источник: [8].

Изделия после клиновой прокатки могут содержать элементы круглого сечения в виде цилиндров, конусов и сфер, прямоугольного сечения в виде лысок, а также резьбовые участки. В них могут быть сохранены отдельные элементы сечения начальной заготовки в виде квадрата или шестигранника. К наиболее распространенным примерам таких изделий относятся шар, шаровой палец, вал, путевой шуруп, стыковой болт [8].

3. РАСЧЕТ ЗАГОТОВКИ

Согласно закону постоянства объема металла в ходе пластической деформации, объем заготовки должен быть равен сумме объемов всех характерных участков готового изделия, потерь объема на угар металла (1%) и потерь на удаляемые концевые участки [7]:

$$V_{заг.} = 1,01 \sum_{i=1}^n V_i + 1,01 D_{заг.}^3 \left(\frac{D_{заг.}}{d_{кон.}} \right)^{-2} \left(\sqrt{\frac{D_{заг.}}{d_{кон.}}} - 1 \right) (0,95 + 0,05\beta) \beta^{-0,5}, \quad (4)$$

где V_i – объем i -того участка готового изделия;
 $V_{обр}$ – объем обреза с учетом утяжки,
 $D_{заг.}, d_{заг.}$ – диаметры заготовки и концевого участка;
 β – угол заострения клина (рисунок 15).

Данная формула справедлива для условий: $25 < \alpha < 35^\circ$, $3 < \beta < 15^\circ$, $1 < \delta < 1,8$, $1173 < T < 1473$ К. Диаметр заготовки выбирается из сортамента ГОСТ 2590-88 как ближайший больший к наибольшему диаметру готового изделия.

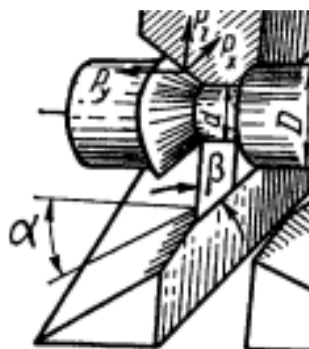


Рисунок 15. – Параметры клина

Источник: [7].

Пример расчета параметров заготовки для ПКП

Исходные данные: $\beta = 15^\circ$; размеры детали из углеродистой стали показаны на рисунке 16.

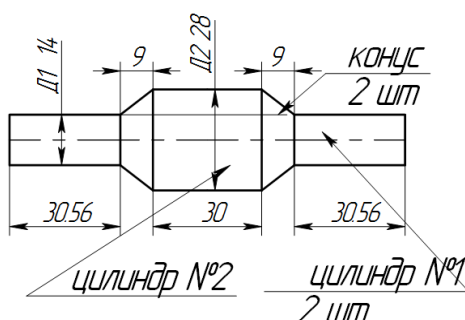


Рисунок 16. – Параметры прокатанной детали

Выбираем диаметр заготовки. Наибольший диаметр изделия 28 мм. Исходя из ГОСТ 2590-88 $D_{заг} = 29$ мм.

Рассчитаем объем двух цилиндров № 1 (см. рисунок 16):

$$2V_1 = 2\pi R^2 H = 2 \cdot \pi \cdot 7^2 \cdot 30,56 = 9408,693 \text{ мм}^2 .$$

Рассчитаем объем цилиндра № 2 (см. рисунок 16):

$$V_2 = \pi R^2 H = \pi \cdot 14^2 \cdot 30 = 18472,565 \text{ мм}^2 .$$

Рассчитаем объем двух усеченных конусов (см. рисунок 16):

$$2V_k = 2 \frac{1}{3} \pi H (R^2 + Rr + r^2) = 2 \frac{1}{3} \pi \cdot 9 \cdot (14^2 + 14 \cdot 7 + 7^2) = 6465,398 \text{ мм}^2 .$$

Общий объем готовой детали:

$$V_d = 2V_1 + V_2 + 2V_k = 34346,655 \text{ мм}^3.$$

Рассчитаем объем заготовки с учетом потерь на обрезь и угар:

$$V_{заг.} = 1,01 \cdot 34346,655 + 1,01 \cdot 29^3 \left(\frac{29}{14} \right)^{-2} \sqrt{\frac{29}{14} - 1} (0,95 + 0,05 \cdot 15) 15^{-0,5} =$$

$$= 37298,439 \text{ мм}^3.$$

Рассчитаем объем потерь на обрезь и угар как часть от объема готовой детали:

$$\Delta_{пот. \%} = \frac{V_{заг.} - V_d}{V_d} 100 = 8,594\%.$$

Рассчитаем длину заготовки:

$$H = \frac{V_{заг.}}{\pi R^2} = \frac{37298,439}{\pi 14,5^2} = 56,468 \text{ мм}.$$

Ни рисунке 17 показано сравнение размеров заготовки и готовой детали.

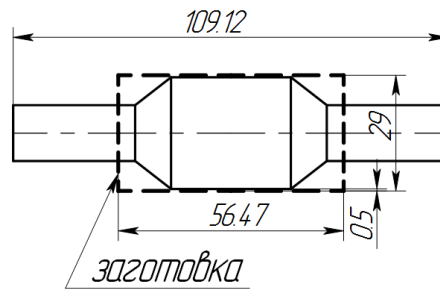


Рисунок 17. – Результаты расчетов заготовки для ПКП

Задание для выполнения расчетной работы

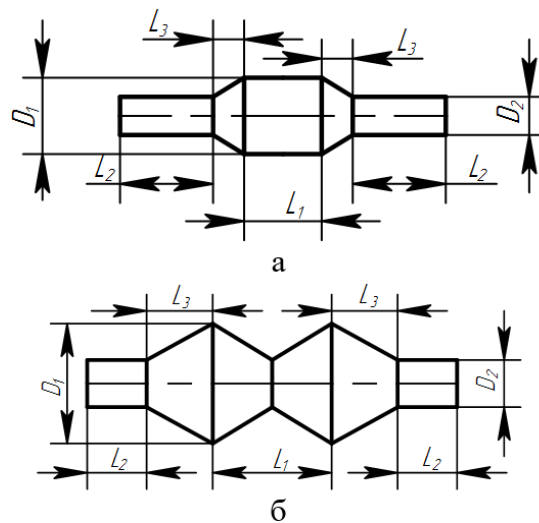


Рисунок 18. – Параметры готовой детали

Таблица 1. – Задания для выполнения расчетной работы

№ варианта	D_1	D_2	L_1	L_2	L_3	Рисунок
1	10,2	5,1	10	12	4	18, а
2	12,5	6,2	11	14	8	
3	14,8	7,3	12	16	6	
4	17,1	8,4	13	18	6	
5	19,4	9,5	14	20	7	
6	21,7	10,6	15	22	7	
7	21,3	10,2	14	20	7,5	
8	20,9	9,8	13	18	8	
9	20,5	9,4	12	16	8,5	
10	20,1	9	11	14	9	
11	19,7	8,6	10	12	9,5	
12	19,3	8,2	9	10	10	
13	18,9	7,8	8	8	10,5	
14	18,5	7,4	7	6	11	
15	18,3	7,2	18	9	10	
16	18	7	18,5	9,5	10,5	18, б
17	17,7	6,8	19	10	11	
18	17,4	6,6	19,5	10,5	11,5	
19	17,1	6,4	20	11	12	
20	16,8	6,2	20,5	11,5	12,5	
21	16,5	6	21	12	13	
22	16,2	5,8	21,5	12,5	13,5	
23	16,1	6	22	12	12	
24	16	6,2	22,5	11,5	10,5	
25	15,9	6,4	23	11	9	
26	15,8	6,6	23,5	10,5	7,5	
27	15,7	6,8	24	10	6	
28	15,5	7	22	11	7	
29	15,3	7,2	20	12	8	
30	15,1	7,4	18	13	9	
31	14,9	7,6	16	14	10	

4. ВЫБОР СХЕМЫ ПРОКАТКИ

Плоскоклинковая схема наиболее перспективна при изготовлении деталей большой номенклатуры (т.е. с необходимостью частых переналадок оборудования), деталей сложной конфигурации [9].

Валковая (как более производительная) выгодна при массовом производстве одного–двух изделий, особенно коротких, с относительно невысокими требованиями к их точности [9].

Станы, использующие валковую схему, осуществляют прокатку поковок диаметром до 35 мм и длиной 70–100 мм из прутковой заготовки без остановки валков и с остановкой валков при прокатке поковок диаметром 45–50 мм и длиной 400–500 мм.

Точность поковок, прокатанных на валковых станах, усреднено оценивается по диаметральным (1,5% диаметра исходной заготовки) и линейным (0,5% длины прокатываемой ступени) размерам [9].

Если необходимо изготовить прокатанную заготовку (поковку), максимально приближенную по размерам и шероховатости поверхностей к готовой детали, то следует остановить свой выбор на плоскоклиновой схеме прокатки [9].

5. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПРОКАТКИ

От нагрева металла в большой степени зависит качество готовой продукции, производительность прокатных станов, расход энергии и другие показатели работы прокатных цехов. Правильно выбранная технология нагрева металла в сочетании с правильным режимом его пластической деформации и охлаждения может в значительной степени локализовать отдельные дефекты литой стали, улучшить характеристики готового сорта, и, наоборот, неудачно выбранная технология нагрева может привести к образованию новых пороков и получению окончательного брака.

Температура нагрева заготовок перед прокаткой должна обеспечить наибольшую пластичность металла и как можно меньшие прочностные характеристики материала заготовки [9].

Температуру горячей прокатки для разных марок стали определяют по диаграмме состояния железо–углерод (на 100–150 °С ниже линии солидуса). Процесс поперечно-клиновой прокатки устойчиво протекает при температурах 1050–1150 °С [9].

Полугорячая (теплая) прокатка целесообразна, когда необходимо получить детали (поковки) с высокой точностью диаметральных размеров [9].

6. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ

Припуски и допуски на размеры поковок, получаемых горячей ПКП, можно назначать, например, используя стандарт «Поковки стальные штампованные» (ГОСТ 7505).

При определении исходного индекса поковки, получаемой прокаткой, класс ее точности приравнивают к классу штампованных поковок, изготавливаемых на кривошипных прессах [9]. Если поковки проходят чистовую обработку на автоматических линиях, то припуск на диаметр обычно принимают 2–4 мм в зависимости от размера заготовки и 1–2 мм на торец каждой ступени [9]. Исходя из практического опыта работы, при производстве ступенчатых валов массой от 0,7 до 6,4 кг припуск составляет 1,5–2,0 мм, от 0,4 до 3,8 кг – 2,0–2,5 мм. Поля допусков: для поковок размерами до 32 мм и массой до 4,4 кг припуски находятся в пределах 0,7–0,8 мм; размерами 32–80 мм и массой 4,4–6,4 кг – в пределах 1,0–1,6 мм [9]. В таблице 2 приведены максимальные рекомендуемые значения припусков на сторону на механическую обработку и в таблице 3 – допуски на размеры [9].

Таблица 2. – Припуски на сторону на механическую обработку поковок

Масса поковки, кг	Диаметр, длина поковок, мм											
	до 50		50–120		120–180		180–260		260–360		360–500	
	Rz 320,00 20,00 мкм	Ra 2,50 мкм	Rz 320,00 20,00 мкм	Ra 2,50 мкм	Rz 320,00 20,00 мкм	Ra 2,50 мкм	Rz 320,00 20,00 мкм	Ra 2,50 мкм	Rz 320,00 20,00 мкм	Ra 2,50 мкм	Rz 320,00 20,00 мкм	Ra 2,50 мкм
до 0,25	1,10	1,40	1,20	1,50	1,30	1,60	1,40	1,70	1,50	1,80	1,60	1,90
0,25–0,4	1,20	1,50	1,30	1,60	1,40	1,70	1,50	1,80	1,60	1,90	1,70	2,00
0,40–0,63	1,30	1,60	1,40	1,70	1,50	1,80	1,60	1,90	1,70	2,00	1,80	2,10
1,0–1,6	1,50	1,80	1,60	1,90	1,70	2,00	1,80	2,10	1,90	2,20	2,00	2,30
1,6–2,5	1,60	1,90	1,70	2,00	1,80	2,10	1,90	2,20	2,00	2,30	2,10	2,40
2,5–4	1,70	2,00	1,80	2,10	1,90	2,20	2,10	2,40	2,20	2,50	2,30	2,60
4,0–6,3	1,90	2,20	2,00	2,30	2,10	2,40	2,30	2,60	2,40	2,70	2,50	2,80
6,3–10	2,00	2,30	2,10	2,40	2,20	2,50	2,40	2,70	2,50	2,80	2,60	2,90
10,0–16	2,10	2,40	2,20	2,50	2,30	2,60	2,50	2,80	2,60	2,90	2,70	3,00

Таблица 3. – Допуски на размеры прокатанных поковок

Масса поковки, кг	Размеры поковки, мм					
	до 50	50–120	120–180	180–260	260–360	360–500
до 0,25	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,7	+0,7
	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5
0,25–0,40	+0,5	+0,6	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7
	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6
0,40–0,63	+0,6	+0,7	+0,7	+0,8	+0,8	+0,9
	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5
0,63–1,0	+0,7	+0,7	+0,8	+0,9	+0,9	+0,9
	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6
1,0–1,6	+0,7	+0,8	+0,9	+0,9	+1,0	+1,0
	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6
1,6–2,5	+0,8	+0,9	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1
	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7
2,5–4,0	+0,9	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1	+1,2
	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8
4,0–6,3	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1	+1,2	+1,3
	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9
6,3–10,0	+1,0	+1,0	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5
	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
10,0–16,0	+1,0	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5	+1,8
	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0	-1,0

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслакова, Л.П. Применение обработки металлов давлением в автотракторостроении : учеб. пособие / Л.П. Маслакова, Д.С. Фатюхин. – М. : МАДИ (ГТУ), 2003. – 105 с.
2. Суворов, И.К. Обработка металлов давлением / И.К. Суворов. – М. : Высш. шк., 1973. – 357 с.
3. Громов, Н.П. Теория обработки металлов давлением / Н.П. Громов. – М. : Metallurgia, 1978. – 357 с.
4. <http://amo.dmt-product.com/amo-08/pdfamo08/37.pdf>
5. http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8356/Sukhorukov_OMD_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y Сухоруков С.И.
6. <https://studfiles.net/preview/4430147/>
7. Щукин, В.Я. Основы поперечно-клиновой прокатки / В.Я. Щукин. – Минск : Наука и техника, 1986. – 223 с.
8. http://beltechnologia.by/topic-cross_wedge_rolling_technology/
9. Клушин, В.А. Технология и оборудование поперечно-клиновой прокатки / В.А. Клушин, А.О. Рудович. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2010. – 300 с.

Таблица для выбора диаметра заготовки
(по ГОСТ 2590-88)

Диаметр, мм			
5	22	42	70
5,5	23	43	72
6	24	44	75
6,3	25	45	78
6,5	26	46	80
7	27	47	82
8	28	48	85
9	29	50	87
10	30	52	90
11	31	53	92
12	32	54	95
13	33	55	97
14	34	56	100
15	35	58	105
16	36	60	110
17	37	62	115
18	38	63	120
19	39	65	125
20	40	67	130
21	41	68	135