

Машеков С.А. Бажаев Н.А., Машекова А.С.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
КОВКИ В БОЙКАХ С РАЗЛИЧНОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
ПОКОВОК ТИПА ДИСКОВ**

S.A. Mashekov, N.A. Bazhaev, A.S. Mashekova

**STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS
FORGING IN BOIKI WITH DIFFERENT STIFFNESS OF THE STRUCTURE AND
PROPERTIES OF FORGINGS DRIVE TYPE**

УДК: 669.35.074.669.539.5

В статье рассматриваются диски металлов и сплавов, их исследование, а также влияние технологических параметров ковки в бойках с различной жесткостью на структуру и свойства поковок типа дисков.

The article considers the drives of metals and alloys, their research, and also influence of technological parameters in forging a boiki with different stiffness of the structure and properties of forgings type of disk.

Диски металлов и сплавов используются в двигателях и других агрегатах различного назначения. Они определяют габариты и массу агрегатов. Условия работы дисков характеризуются наличием больших температур, высокого давления и значительных центробежных усилий в радиальном направлении. Кроме того, обод диска подвергается воздействию вибрационных напряжений, которые передаются ему от лопаток в местах их соединения с диском [1].

Необходимо отметить, что тенденция современного проектирования двигателей или других агрегатов направлена на увеличение степени сжатия газов и рабочих температур в компрессоре, что повышает требования к служебным характеристикам комплектующих деталей и к свойствам материалов, из которых они изготовлены [1]. Основными показателями, определяющими работоспособность дисков, являются: длительная прочность, сопротивление ползучести, выносливость, кратковременная прочность. Кроме того, диски должны иметь высокую пластичность для обеспечения локального перераспределения напряжений. Поэтому для изготовления дисков применяют металлы и сплавы высокого качества.

При изготовлении дискообразных поковок используют следующие основные технологические операции: осадка и протяжка [1]. Данные операции проводят с применением различного инструмента и режима деформаций. При применении вышеуказанных операции получают различные распределения деформации по сечению изделия, что вызывает неравномерность деформации вдоль слоев металла и отражается на механических свойствах кованных изделий. При изготовлении дискообразных поковок возможно комплексно воздействовать на неравномерность деформации получаемых изделий.

Для уменьшения неравномерности деформации нами предлагается использовать инструменты с упругими подкладками. По нашему мнению в процессе деформирования заготовок в бойках имеющих упругие подкладки, из-за упругой деформации подкладок в момент возникновения максимальных усилий, создается хорошие условия для прохождения процессов пластической аккомодация и диффузионной ползучести и т.д. в металле заготовки. Все это способствует к привлечению к деформации большого количества зерен и тем самым проведению обработки металлов давлением (ОМД) в условиях равномерной деформации.

Необходимо отметить, что обзор теоретических и экспериментальных методов [2,3,4] определение неравномерности деформации по сечению заготовки позволил сделать вывод о сложности и недостаточной точности определения изменения деформации в процессе изготовления дискообразных поковок. В связи с этим возникает необходимость исследования структуры и связанные с ней механических свойств металла от параметров процесса ковки, и на основе этих данных усовершенствование технологической схемы получения дискообразных поковок.

Ковку дискообразных поковок в инструменте с и без подкладки и исследования структуры, механических свойств проводили в лабораториях кафедры СМиТМП Института промышленной инженерии КазНТУ им. К.И. Сатпаева. Для ковки использовали гидравлический пресс и плоские бойки с резиновыми и текстолитовыми подкладками.

При исследовании влияния жесткости бойков на энергосиловые параметры процесса осадки, образцы размером $\varnothing 14,1 \times 28,2$ мм деформировали с единичным обжатием до 40,4%-40,7%. Результаты измерений геометрий образцов показали, что размеры и форма образцов после деформации идентичны, визуально не различимы. Однако, изменение жесткости инструмента со стороны осадочной плиты, при неизменных условиях контакта на поверхностях между деформируемым образцом и инструментом, при отсутствии видимых изменений в конфигурации деформируемых образцов, вызывает значительные изменения усилия деформирования (табл. 1). Установ-

ка текстолитовой прокладки вызывает увеличения усилия на 13,9%, а установка резины – на 90,9%, т.е. практически в два раза.

Таблица 1.

Максимальные усилия и давления при осадке стальных образцов

№ п.п.	P , Н	$P_{ср}$, Н	σ , МПа	Примечание
1	136000			Стальные прокладки
2	130000			
3	139000	135000	475	
4	149600			Текстолит
5	158400			
6	154000	154000	540	
7	202400			Резина
8	250800			
9	321200	258000	907	

Считаем, что причиной увеличения усилия при использовании подкладки является создание хороших условий для поворота зерен и тем самым – возникновению максимальных касательных напряжений в различных плоскостях скольжения зерен металла и в плоскостях скольжения приграничных зон зерен. Это приводит к деформациям многочисленных зерен и тем самым к увеличению усилия деформирования.

Таким образом, рассмотренные из экспериментальной практики случаи со всей очевидностью указывают на то, что при осадке заготовок с применением упругих подкладок зерна металла равномерно деформируются. Это уменьшает неравномерность деформации зерен по сечению заготовки и увеличивает усилия осадки. При этом, чем меньше упругие свойства прокладок, тем равномернее деформируются зерна образца и тем больше будет возникаемое усилие деформирования.

Для проведения исследования влияния степени деформации на структуру, механические свойства использовали цилиндрические заготовки из алюминиевого сплава АМг6М. Для изготовления дисков размером $D_k \times H_k = 50 \times 5$ мм использовали заготовки

следующими размерами: $D_0 \times H_0 = 40 \times 8$ мм, 30×14 мм, 20×31 мм. Единичное обжатие при осадке составляла: 0,36; 0,64; 0,84. Из условия варьирования единичного обжатия выбирали высоту исходных заготовок. Используя условие постоянства объема и размеры изготавливаемых дисков рассчитывали диаметры заготовок.

Заготовку перед осадкой нагревали в электрической печи типа КС 600/25 в течении 1,5 часов. Температуру заготовки на выходе из печи измеряли с помощью одноканального прибора для измерения температуры Testo 925 (Testo AG, Germany). В данном приборе измерения температуры производятся с помощью быстродействующих и надежных зондов термопар (зонд термопара Тип К (NiCr-Ni)). Измеряемый диапазон температур от 50 до $+1100^{\circ}\text{C}$. Погрешности: $-40 \dots +900^{\circ}\text{C} - \pm(0,5^{\circ}\text{C} + 0,3\%$ от измеренного значения), $-50 \dots -40, +900 \dots +1100^{\circ}\text{C} - \pm(0,7^{\circ}\text{C} + 0,5\%$ от измеренного значения). Разрешение: $0,1^{\circ}\text{C}$ (-50 до $+199,9^{\circ}\text{C}$), 1°C (в остальном диапазоне измерения). Температура заготовки равнялась $417 \dots 420^{\circ}\text{C}$.

Нагретые заготовки размерами: $D_0 \times H_0 = 40 \times 8$ мм, 30×14 мм, 20×31 мм осаживали с единичным обжатием 0,36, 0,64 и 0,84, соответственно, в инструменте с резиновой подкладкой.

Осаженные диски разделяли на механических пилах холодной резки на поперечные темплеты для дальнейших исследований. Для определения изменения макроструктуры металла в процессе осадки был проведен металлографический анализ. Образцы для металлографического анализа готовились по стандартной методике изготовления шлифов.

Макроструктура поковок сплава АМг6М, осаженных в плоских бойках с единичным обжатием $\epsilon = 0,36$, мелкозернистая, однородная, равномерная во всем объеме поковки (рис. 1). При этом по сечению имеется небольшое количество сравнительно крупных рекристаллизованных зерен.

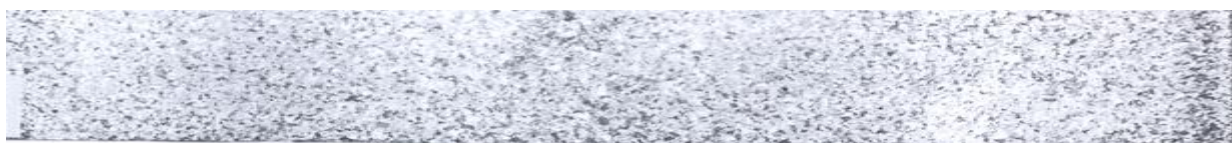


Рис. 1. Макроструктура (x3) диска из сплава АМг6М ($\epsilon = 36\%$).

Увеличение единичного обжатия приводит к значительному уменьшению размеров зерен во всем объеме поковки (рис. 2 и рис. 3).



Рис. 2. Макроструктура (x3) диска из сплава АМг6М ($\epsilon = 64\%$).



Рис. 3. Макроструктура (x3) диска из сплава АМг6М ($\epsilon = 84\%$).

В работе исследовано механические свойства сплава АМг6М от параметров процесса осадки. При исследовании испытывали на растяжение цилиндрические, пропорциональные, пятикратные образцы диаметром рабочей части $d_0 = 5 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$. Испытание проводили при комнатной температуре на универсальном испытательном машине МИ-20У.

В одинаковых условиях растягивали по три образца. Результаты испытаний приведены в табл. 2. Из таблицы видно, что механические свойства поковок сплава АМг6М, откованных по опытной технологии выше по сравнению с механическими свойствами поковок, полученных по существующей технологии.

Таблица 2.

Механические свойства поковок из сплава АМг6М

№ обр.	Предел текучести, σ_t , МПа	Предел прочности σ_b , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, ψ , %
1	156,3	326,6	22,8	49,3
2	171,5	336,6	23,6	44,1
3	157,8	342,4	22,8	48,9
4	159,7	336,6	22,3	50,6
5	177,4	320,7	21,9	46,6
6	162,7	325,6	23,2	50,1
7	152,9	314,6	22,4	49,7
8	155,9	343,6	22,7	45,8
9	169,5	329,5	21,9	49,3
Существующая технология	150,1	301,6	19,3	42,1

В статье так же было исследовано влияние осадки с резиновой подкладкой, а так же осадки без подкладки на степень бочкообразование заготовки, т.е. на неравномерность деформации при осадке. Изменение геометрических размеров цилиндрической заготовки (степень бочкообразование заготовки), вызванного неравномерностью деформации, количественно определяли следующим показателем:

$$\lambda = (D_6 - D_7) / H_k,$$

где D_6 – максимальный диаметр цилиндрической заготовки после осадки;

D_7 – минимальный диаметр цилиндрической заготовки после осадки;

H_k – конечная высота поковки.

В исследовании влияния осадки с резиновой подкладкой, а так же осадки без подкладки на геометрию заготовки использовали образцы из стали 20 одного начального диаметра и отношением высоты к диаметру H_0/D_0 , равным 1,0; 2,0; 3,0. Единичное обжатие варьировали в диапазоне 0,2 – 0,8.

Результаты исследования показали, что по сравнению с осадкой заготовки с резиновой прокладкой, при осадке заготовки без прокладки степень неравномерности деформации в радиальном направлении дискообразной поковки увеличивается (табл. 3). При этом с увеличением H_0/D_0 повышается степень неравномерности деформации.

Таблица 3.

Степень неравномерности деформации при осадке

Способ осадки	Показатель λ		
	$H_0/D_0 = 1,0$	$H_0/D_0 = 2,0$	$H_0/D_0 = 3,0$
Осадка без прокладки	0,2	0,35	0,5
Осадка с резиновой прокладкой	0,1	0,25	0,4

Выводы

1. Установлено, что степень неравномерности деформации в радиальном направлении дискообразной поковки уменьшается при осадке заготовок в бойках с упругими подкладками.

2. Показано, что используя упругую подкладку и развивая по сечению заготовки внутриверхнюю и межзеренную деформацию можно более равномерно распределять деформацию по сечению осаживаемой заготовки и тем самым получить поковку с мелкозернистой структурой с высокими механическими свойствами.

Литература:

1. Машеков С.А., Смирнов В.К., Омаров А.Д. Технология производства транспортных полуфабрикатов. Алматы: Бастау, 2002. – 384 с.
2. Иванов К. М., Шевченко В. С., Юргенсон Э. Е. Метод конечных элементов в технологических задачах ОМД: Учеб.пос.. С-Пб: Инст. Машиностроения, 2000. 217с.
3. Пригорский Н.И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений: Справочник. – М.: Машиностроение. 1983. – 248 с.
4. Чиченов Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением. – М.: Металлургия, 1977. – 312 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Какимов У.К.