УДК 621.762.(04)

З.З. Шарифов, Ф.С. Оруджев
Азербайджанская Государственная Морская Академия, Азербайджан
E- mail: ariff – 1947@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКА ШТАМПОВОЙ СТАЛИ Х12М ИЗ СТРУЖКИ И ЕЕ СВОЙСТВА

В статье приведены результаты исследований по технологии получения порошка штамповой стали Х12М из стружки. Изучены свойства порошков и заготовок, полученных горячей экструзией с последующим отжигом. Построены кривые сжатия и растяжения, которые позволяют оценивать действительные механические свойства порошковых заготовок из стружковых отходов штамповой стали.
***Ключевые слова**: стружка, свойство, штамповая сталь, порошок, технология, степень обжатия, твердость, бал зерна аустенита.*

Введение. Рациональное использование отходов металлообрабатывающих предприятий, в частности стружки, задача первостепенной важности. В связи с этим особый интерес представляют отходы при механической обработке (например, точении) легированных сплавов, в том числе штамповой стали, годовой выпуск которой превышает 150тыс. т [1].

Металлургический предел вторичных материалов, к которым относится стружка, не всегда целесообразен. Вот почему в последнее десятилетие интенсивно ведется научный поиск в направлении утилизации отходов методами порошковой металлургии. Предложено два перспективных решения: распыление расплава [2] и механическое измельчение [3]. В обоих случаях предусматривается получение дисперсных порошков с заданными химическими и физико-технологическими свойствами.

Между тем на современном этапе технология порошковой металлургии значительно усовершенствовалась. Осваиваются более эффективные методы переработки порошков в изделия, а именно-горячая ковка, экструзия, импульсное формование и другие, обеспечивающие получение изделий с большой массой и беспористой структурой, а также значительных размеров. В связи с этим жесткие требования к прессуемости, уплотняемости, спекаемости и другим свойствам порошков, зависящим от размеров и формы частиц, их состояния и т.д., предъявляемые при статическом прессовании без нагрева, утрачивает свое значение при горячей обработке, которая характеризуется большой скоростью и степенью деформации (60-90%). Процессы структурообразования в данном случае лимитируются не диффузией, как при обычном спекании, а высокотемпературной пластической деформацией частиц.

Это значительно расширяет возможности переработки порошков крупных фракций без строгого ограничения их свойств и позволяет сократить отсев порошков, получаемых восстановлением и распылением, а, следовательно, повысить эффективность данных процессов. Как отмечается в [4], грубые порошки дешевле, лучше хранятся, а спеченные изделия из них обладают повышенным сопротивлением ползучести. Кроме того, в ряде случаев становится возможной непосредственная (без измельчения) переработка мелкой металлической стружки методами порошковой металлургии.

Материалы и методики проведения экспериментов. Нами выполнен комплекс исследований по получению спеченной штамповой стали Х12М-из стружки фрезерной операции с размерами частиц 0,5-6,0мм.

Практически стружка не загрязнена механическими примесями, так как обработка деталей инструмента (пуансоны, матрицы и др.) ведется на специальных станках, оснащенных индивидуальным транспортным устройством для сбора стружек. При резании (точении) в качестве охлаждающей жидкости используется машинное масло. Общая технологическая схема проведена на рис. 1. Стружку очищали в тетрахлорэтилене с целью обезжиривание вакуум-фильтрами. Для восстановления поверхностных оксидных пленок и предотвращения обезуглероживания в стружку вводили ламповую сажу (0,3-0,4%). Статическим прессованием (давление 700МПа) изготавляли брикеты пористостью 25% и диаметром 60х100мм, которые заделывали в оболочки из Ст.3 и нагревали в диссоциированном аммиаке, совмещая процесс довосстановления.

Рис. 1. Технологическая схема получения штамповой стали из стружки

Процессы экструзии исследовали в температурном интервале 1000-1200^{0}С при продолжительности нагрева (довосстановления) 0,5-2,0ч. Установлены следующие оптимальные режимы экструзии обеспечивающие получение спеченной стали с такими же прочностными свойствами, как у стандартной стали: $Т_{ип}$1050-1100^{0}С, $т_{ип}$0,5÷1,0ч, λ 2,4,6. При этом выгорания углерода не наблюдается (0,83-0,86%), содержание остальных легирующих элементов также соответствует химическому составу исходной стружки, структура спеченной стали практически беспористая. Отжиг и термообработку спеченной стали осуществляли по таким же режимам, как для стандартной стали Х12М.

Обсуждение результатов. Свойства полученной стали приведены в табл. 1. Как видим, твердость стандартной и спеченной сталей почти одинакова. Однако наблюдается более равномерное распределение карбидной фазы и преимущественная их дисперсность.

Особый интерес представляло изучение действительных механических свойств сталей после отжига. С этой целью из стандартной и спеченной сталей изготовляли: цилиндрические образцы на сжатие (d=10мм, h=15мм) и растяжение (d=6мм, ℓ=30мм); плоские образцы на сжатие (b=20мм, h=2мм) в условиях плоской деформации. Из спеченной стали (статическое прессование струж-

ки с последующим спеканием при 1150-1200^{0}С в течение 3,5÷4,0ч) пористостью 10;20 и 30% были изготовлены только цилиндрические образцы на сжатие (d=15мм, h=20мм), которые предназначались для построения диаграммы деформирования металлической матрицы образцов на основе теории пластичности пористых материалов.

Таблица 1. Некоторые свойства штамповой стали Х12М

Наименование стали	Степень обжатия	Плотность, г/см^3	Твердость отожженный стали			Твердость после закалки и отпуска		Балл зерна аустенита
			НВ, МПа	HRC	H_η,МПа	HRC	H_η,МПа	
Литая (стандартная)		7,82	2290	15-17	2310	60-62	8500	10-9
Спеченная	22 44 66	7,57 7,62 7,8	2299 2299 2410	14-16 14-16 16-18	2310 2310 2420	60-62 60-62 61-63	8600 8500 8600	10-9 10-11-9 10-11-9

На первом этапе исследовали действительные механические свойства цилиндрических образцов из стандартной стали на сжатие и растяжение, а также плоских образцов на сжатие в условиях плоской деформации (рис. 2). Расположение кривых 1,2 и 3 на рис. 2 характерно для литых (компактных) металлов. Заметное расхождение кривых 1 и 2, как известно, объясняется микропористостью стали и видом деформации, вызывающей различные структурные изменения. Результаты исследований действительных механических свойств пористых (10,20,30%) цилиндрических образцов стружки на сжатие приведены на рис.3.

Полученные значения обрабатывали по общеизвестной методике для построения диаграммы деформирования. Постоянный для данного материала коэффициент n=0,85, для сопоставления использовали кривую 1 из рис.2. Опытные данные для пористых образцов результируются лишь одной кривой деформирования и для 10,20 и 30% пор. Лишь в малом интервале истинной деформации ($\varepsilon<0,02$) наблюдается расхождение кривых 1 и 4. Дальнейший ход кривой 2 удовлетворительно совпадает с кривой 1. Сравнение кривых 1 и 2 подтверждает применимость теории пластичности пористых тел и для материалов с макроструктурной пористостью, то есть изготовленных из порошков крупных фракций (в данном случае мелкой стружки).

Второй этап включал исследования действительных механических свойств всех типов беспористых образцов, полученных экструзией с различной степенью обжатия (λ 2,4,6). На рис. 4 приведены лишь кривые сжатия цилиндрических образцов. Кривая 5(λ2) полностью совпадает с кривой 1 из 3 рис. 2. Это подтверждает соответствие показателей прочности на сжатие испытуемых сталей. Видно, также, что с увеличением λ от 2 до 6 свойства стали, подвергнутой ГИП улучшается (кривые 3 и 4 располагаются над кривой 1). Поэтому оптимальными значениями для практических целей следует считать λ 4-6.

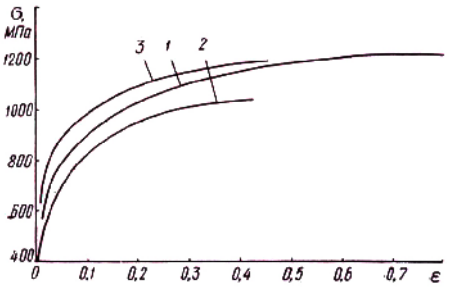

Рис. 2. Диаграммы деформирования стандартной штамповой стали Х12М при испытаниях: 1-на сжатие цилиндрических образцов; 2-на сжатие плоских образцов в условиях плоской деформации; 3-на растяжение цилиндрических образцов

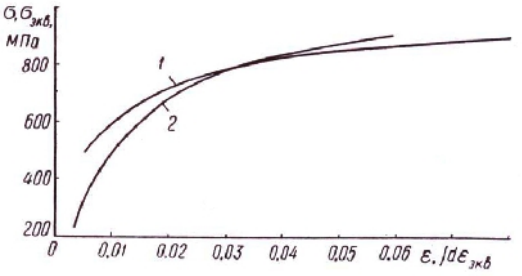

Рис. 3. Диаграммы деформирования при сжатии цилиндрических образцов штамповой стали Х12М: 1-стандартной; 2-спеченной (пористостью 10,20,30%)

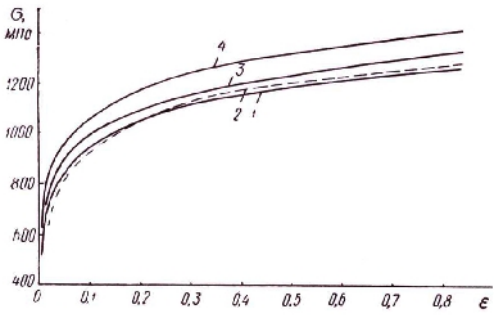

Рис. 4. Диаграммы деформирования при сжатии цилиндрических образцов штамповой стали Х12М: 1-стандартной; 2-4-спеченный (беспористый, экструзия при λ 4,6)

где $i-$ номер ступени; $m-$ число ступеней.

Результаты экспериментов показали удовлетворительное согласование кривых сжатия плоских и цилиндрических образцов. Аналогично испытаниям стандартной стали (рис. 2, кривы 1 и 2), кривые растяжения соответственно сжать ниже кривых сжатия. Рассмотрим одну из причин расхождения кривых сжатия и растяжения.

Структурные исследования показали, что и в литой, и в спеченной стали имеются неметаллические включения и микропоры, которые создают в металле начальную пористость v_0 (здесь и ниже имеется в виду относительная пористость).

Согласно теории пластичности пористых материалов при растяжении [5]:

$$\sigma_{экв} = k\sigma, \quad d\varepsilon_{экв} = \frac{\beta^{2n-0,5}}{\sqrt{1+\alpha}} d\varepsilon;$$
$$dv = \frac{3\alpha(1-v)}{1+\alpha} d\varepsilon 4; \quad k = \frac{\sqrt{1+\alpha}}{\beta^{n+0,5}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{экв}-$эквивалентное напряжение; $k-$коэффициент эквивалентного напряжения; $\sigma = P/F-$осевые напряжение; $d_{экв}-$ эквивалентное приращение пластических деформаций; $\beta, \alpha-$функции пористости, v; $d\varepsilon-$приращение осевой пластической деформации; $dv-$приращение пористости; $\varepsilon = \ln(l/l_0)-$осевая пластическая деформация; $P, F, \ell-$соответственно текущие значения силы, площади поперечного сечения и длины образца; $\ell-$начальная длина образца.

Пористость образца и интеграл от эквивалентного приращения пластических деформаций вычисляют по формулам:

$$v_i = v_{i-1} + dv_i; \quad \int d_{экв} \approx \sum_{i=1}^{m} d\varepsilon_{экв}, \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) следует, что при растяжении пористость v возрастает (β уменьшается, α увеличивается). Следовательно, эквивалентное напряжение увеличивается, а интеграл от эквивалентного приращения пластических деформаций уменьшается.

Для количественной оценки в табл. 2 приведены расчетные значения k, v и $\int d_{экв}$ при различной начальной пористости v_0 и осевой пластической деформации растяжения ε.

Таблица 2. v, $\int d_{экв}$, k при различной начальной пористости v_0 и осевой пластической деформации растяжения ε

Показатель	С			
	0,1	0,2	0,3	0,4
$v_0 = 0{,}01$				
k	1,053	1,066	1,081	1,098
v	0,013	0,016	0,020	0,025
$\int d_{экв}$	0,096	0,191	0,284	0,377
$v_0 = 0{,}02$				
k	0,097	1,116	1,136	1,159
v	0,024	0,029	0,034	0,040
$\int d_{экв}$	0,093	0,184	0,273	0,362
$v_0 = 0{,}03$				
k	1,140	1,163	1,189	1,218
v	0,035	0,041	0,048	0,055
$\int d_{экв}$	0,089	0,177	0,264	0,348
$v_0 = 0{,}04$				
k	1,183	1,212	1,243	1,277
v	0,046	0,053	0,060	0,068
$\int d_{экв}$	0,087	0,171	0,255	0,336
$v_0 = 0{,}05$				
k	1,228,	1,261	1,297	1,337
v	0,057	0,065	0,073	0,081
$\int d_{экв}$	0,084	0,166	0,246	0,324

Как видно из табл. 2, при начальной пористости $v_0 = 0{,}01$ и осевой пластической деформации $\varepsilon = 0{,}4$ эквивалентное напряжение $\sigma_{экв}$ возрастает на 10% , а интеграл от эквивалентного приращения пластических деформаций уменьшается на 5%, тогда как при $v_0 = 0{,}03$ и $\varepsilon = 0{,}4$ соответственно имеем 21,8 и 13,0%. Повышение эквивалентного напряжения и уменьшение интеграла от эквивалентного приращения пластических деформаций приводит к сближению кривых растяжения и сжатия. Следовательно, одной из причин рассогласованности кривых сжатия и растяжения металлов и

сплавов является исходная микропористость: чем она больше, тем резче расхождение, и наоборот.

Таким образом, сравнив кривые сжатия и растяжения, можно оценит действительные механические свойства стандартной и спеченной штамповой стали, что весьма важно для надежной работы штампов при обработке металлов давлением.

Выводы

1.Показана возможность непосредственной переработки мелкой стружки штамповой стали методами порошковой металлургии, включающими предварительное формование и экструзию с последующей термообработкой. Разработанная технология позволяет обеспечить получение спеченной стали со свойствами, соответствующему стандарту.

2. Путем построения диаграмм деформирования и при помощи теории пластичности пористых материалов определены действительные механические свойства стандартной (литой) и спеченной (экструированной) стали. Показана применимость указанной теории для материалов с крупной структурной пористостью.

3. Установлено количественное расхождение кривых сжатия и растяжения, обусловленное наличием обособленных неметаллических включений и несплошностью микроструктуры, рассматриваемых как начальная пористость.

Список литературы:

1. Позняк Л.А. Штамповые стали / Л.А. Позняк, Ю.М. Скрынченко, С.И. Тишаев. – М.: Металлургия, 1980. – 244 с.

2. Получение и свойства спеченной быстрорежущей стали / Кондратов И.Я., Минаев Н.Г. и др. // Порошковая металлургия. – 1984. – №5. – С. 96-100.

3. Получения быстрорежущей стали методом порошковой металлургии / С.С. Кипарисов, Г.А. Меерсон и др. // Порошковая металлургия.–1985.–№10. – С. 27-30.

4. Видмер Р. Особенности применения грубых порошков / Р. Видмер // В кн.: Порошковая металлургия материалов специального назначения. – М.: Металлургия, 1997. – С. 58-62.

5. Технологические процессы производства порошков быстрорежущих сталей / Ю.Горлов, О.П.Кулик, Э.Т.Денисенко и др. – К.: Ин-т пробл. Материаловедения АН УССР, 1985. – 34 с.

Надійшла до редколегії 08.02.2012.

З.З. Шарифов, Ф.С. Оруджев

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПОРОШКУ ШТАМПОВОЇ СТАЛІ Х12М ЗІ СТРУЖКИ ТА ЇЇ ВЛАСТИВОСТІ

У статті наведено результати досліджень з технології одержання порошку штампової сталі Х12М зі стружки. Вивчено властивості порошків і заготовок, отриманих гарячою екструзією з наступним відпалом. Побудовано криві стиснення і розтягування, які дозволяють оцінювати дійсні механічні властивості порошкових заготовок зі стружкових відходів штампової сталі.

***Ключові слова**: стружка, властивість, штампова сталь, порошок, технологія.*

Z.Z. Sharifov, F.S.Orujov

TECHNOLOGY FOR PRODUCING A POWDER DIE STEEL X12M OF CHIPS AND ITS PROPERTIES

The results of research on technology a powder die steel X12M of chips. The properties of powders and blanks obtained by hot extrusion with subsequent annealing. Curves of compression and expansion, which enables us to evaluate in real mechanical properties of powder billets struzhkovyh waste die steel.

***Keywords**: chips, property, die steel, powder technology, the degree of compression, hardness, ball austenite grains.*