



ВСЕ МАТЕРИАЛЫ

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

С 2011 г. журнал «Все материалы. Энциклопедический справочник» переводится на английский язык и выпускается издательством "Pleiades Publishing, Ltd" как приложение к журналу "Polymer Science, Series D", распространение которого осуществляет издательство "Springer".

Переводная версия журнала входит в международные реферативные базы данных систем цитирования (индексирования): Academic OneFile, Chemical Abstracts Service (CAS), El-Compendex, Expanded Academic, Google Scholar, INSPEC, OCLC, PASCAL, SCImago, SCOPUS, Summon by Serial Solutions.

СОДЕРЖАНИЕ

Композиционные материалы

Аким Э.Л., Пекарец А.А., Роговина С.З., Берлин А.А. Релаксационное состояние древесины и получение целлюлозных композитов энергетического назначения — древесных брикетов и пеллет 3

Гасанова А.А. Реологические свойства нанокompозитов на основе полиэтилена низкой плотности и термозолы бытовых отходов 9

Материалы специального назначения

Пахомова С.А., Рыжова М.Ю., Смирнов А.Е., Фахуртдинов Р.С. Комплексно-легированные цементуемые стали и новая технология их упрочнения 15

Легонькова О.А., Григорьев М.М., Винокурова Т.И., Маринова Л.А., Чжао А.В., Лаврентьев С.Ю., Ченцов А.В., Соловьев Н.Г., Лисовенко Д.С. Поведение линейных полиэфиров в модельных условиях желчных протоков 22

Повышение качества материалов

Марков М.А., Кузнецов Ю.А., Красиков А.В., Кравченко И.Н., Быкова А.Д., Перевислов С.Н., Меркулова М.Г. Особенности определения внутренних напряжений в функциональных покрытиях. 29

Лысов Н.Ю., Кокуркин М.П., Лавринович В.А., Маслов В.А., Панин А.Л., Панов А.А., Пацино А.В., Артамонов К.А., Жунь В.И. Влияние технологии намотки электроизоляционных цилиндров на свойства композиционного материала 34

Информация

Антюфеева Н.В., Большаков В.А. Применение термического анализа при исследовании процесса отверждения углепластиков. 39

Скрябин В.А., Артамонов Д.В. Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства порошковых материалов 45

УДК 621.923

Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства порошковых материалов

Скрябин В.А., д-р техн. наук, Артамонов Д.В., д-р техн. наук

Пензенский государственный университет (г. Пенза, 440026, Россия)

E-mail: vs_51@list.ru

DOI: 10.31044/1994-6260-2020-0-9-45-48

Статья поступила в редакцию 22.08.2019

После доработки 23.01.2020

Принята к публикации 27.04.2020

Рассмотрено формирование структуры и свойств порошковых материалов при холодной пластической деформации пористых заготовок. Показано, что на формирование структуры порошковых холодноштампованных материалов значительное влияние оказывают отжиг и холодная штамповка после отжига.

Ключевые слова: формирование структуры, свойства порошковых материалов, холодная штамповка, фазовые превращения.

Холодная штамповка пористых заготовок (ХШПЗ) не только является рациональным способом получения деталей, но одновременно обеспечивает повышение физико-механических свойств материалов. Холодной штамповкой пористых заготовок получают изделия простых и сложных форм, достигая при этом высокую плотность и свойства материалов, сопоставимые со свойствами литых и деформированных материалов аналогичного химического состава.

Основное отличие процесса холодной штамповки от двухкратного прессования с промежуточным отжигом заключается в том, что форма заготовки отличается от формы изделия и может быть более простой, а в процессе штамповки реализуются значительные сдвиговые деформации. При холодной штамповке пористых заготовок одновременно происходит уплотнение заготовки и ее формоизменение. Процесс холодной штамповки определяется начальной и конеч-

ной пористостью, схемой и степенью деформации заготовки.

Ввиду того что пористые порошковые материалы обладают низкой пластичностью, при штамповке высокопористых заготовок наблюдается образование трещин. При получении деталей без изменения формы (т.е. допрессовкой) пористость заготовок может составлять 20—30%, а при штамповке со значительными сдвиговыми деформациями она не должна превышать 10%. Степень поперечной деформации должна быть менее 20—40%, так как при более высоких степенях деформации на боковых свободных поверхностях возникают растягивающие напряжения, приводящие к появлению трещин.

Таким образом, форма, размеры, пористость заготовки должны быть такими, чтобы расширяющиеся поверхности достигали боковых поверхностей штампа до момента появления трещин. Тогда добавочное напряжение, создаваемое боковыми стенками

штампа, предотвратит появление трещин, а окончательное уплотнение достигается допрессовкой.

Плотность порошковых изделий возрастает с увеличением степени поперечной деформации (рис. 1) [1, 2]. Увеличение степени поперечной деформации существенно повышает также прочность порошкового материала, что обусловлено как повышением плотности, так и наклепом металла.

Это положение справедливо в случае высокой плотности заготовок, способных деформироваться без разрушения. На рис. 2 показано изменение прочности от степени поперечной деформации холодноштампованных латунных заготовок различной относительной плотности. Как видно из графика, прочность порошковой латуни при относительной (отношение насыпной плотности порошка к истинной плотности) плотности заготовок 88% с увеличением степени деформации снижается.

Исследование микроструктуры показало, что снижение прочности обусловлено появлением микротрещин, расположенных по границам зерен. Причем количество таких трещин увеличивается с повышением давления штамповки и степени поперечной деформации.

На процесс формирования структуры и свойств материала при холодной штампов-

ке значительное влияние оказывает схема деформирования [3, 4]. При недостаточно жестких схемах нагружения, таких как свободная осадка, или схем, когда происходит течение металла в незамкнутые полости штампа, наблюдается смещение частиц, разрыв связей и образование трещин. Оптимальным условием получения плотного материала при штамповке пористых заготовок является применение схем деформирования, близких к всестороннему сжатию, что повышает степень использования пластичности материала.

В качестве примера рассмотрим технологию получения тонкостенных втулок высокой плотности радиальной штамповкой пористых заготовок [1—4] (рис. 3). Сущность способа заключается в том, что пористую заготовку после спекания уплотняют в радиальном направлении центральным пуансоном, имеющим конусную часть. Заготовку пористостью 15—25% устанавливают в полость матрицы 3 и накрывают накладкой 5. Затем устанавливают центральный пуансон 6 и пружину 7. При движении траверсы пресса вниз плита 8 давит на центральный пуансон 6 и сжимает пружину 7, которая удерживает от перемещения накладку 5.

После окончания процесса деформирования траверсу пресса поднимают, снимают пружину, штамп наклоняют и удаляют пуан-

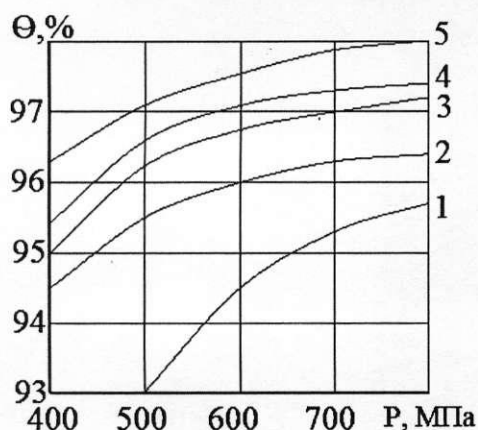


Рис. 1. Зависимость относительной плотности цилиндрических латунных заготовок от давления штамповки: 1 — без радиальной деформации; с радиальной деформацией, %: 2 — 5; 3 — 10; 4 — 15; 5 — 20

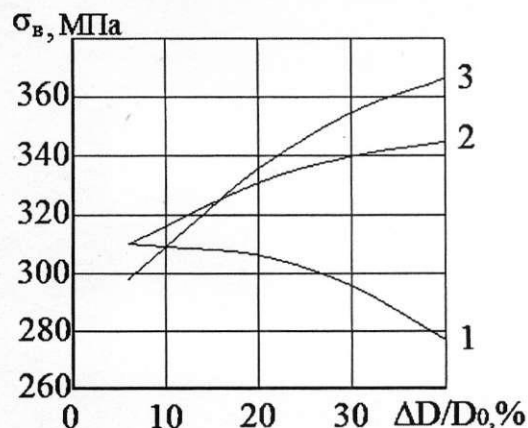


Рис. 2. Зависимость прочности холодноштампованных латунных заготовок от величины радиальной деформации при относительной плотности заготовок, %: 1 — 88; 2 — 90; 3 — 93

сон 6. Для выпрессовки штамп переворачивают, устанавливают на кольцо и выталкивают втулку совместно с накладкой 5.

При такой схеме нагружения очаг пластической деформации локализован на небольшом участке контакта заготовки с инструментом, что приводит к снижению силы деформирования. В зоне контакта инструмент—заготовка возникают значительные касательные напряжения, приводящие к уплотнению пористого материала и увеличению физического контакта между частицами порошка.

При движении конусного пуансона в процесс деформации вовлекаются все новые объемы металла и зона деформации перемещается. В металле возникают напряжения, превышающие предел текучести пористого материала, а затем и материала, образующего твердую фазу. Происходит перемещение металла в радиальном и осевом направлениях. Ограничение течения металла в осевом направлении, предусмотренное схемой деформирования, приводит к созданию в зоне деформации условий неравномерного всестороннего сжатия. Возникающие при этом напряжения сдвига способствуют выравниванию пористости.

Глубина проникновения очага деформации в радиальном направлении зависит от припуска на деформацию и угла формирующего инструмента. Окончательное формирование структуры и свойств происходит при высокотемпературном спекании. Изготовленные по такой технологии порошковые стали имеют высокую плотность и хорошие механические свойства.

Механические свойства порошковых материалов определяли измерениями твердости на приборе Роквелла шариком диаме-

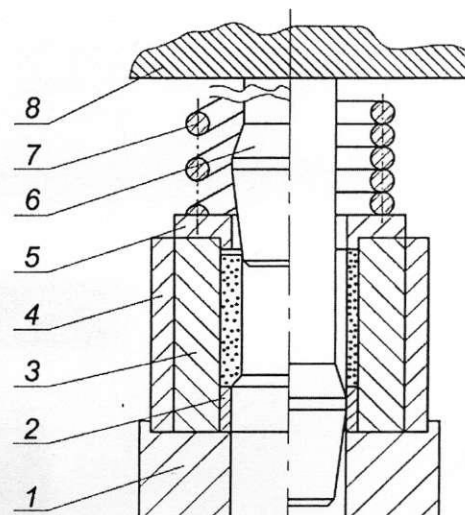


Рис. 3. Схема радиальной штамповки пористых заготовок:

1 — подставка; 2 — пуансон; 3 — матрица; 4 — обойма; 5 — накладка; 6 — центральный пуансон; 7 — пружина; 8 — плита

тром 1,586 мм, испытаниями на радиальное сжатие по ГОСТ 26529—85. Пластичность оценивали по величине деформации кольцевых образцов до разрушения при испытании на радиальное сжатие. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Металлографические исследования показали, что, несмотря на высокую температуру окончательного спекания (1100—1120 °С), в порошковых сталях не наблюдается рост зерна. Как уже отмечалось раньше, это объясняется особенностями структурного состояния порошковых сталей. При этом для микроструктуры высокоуглеродистой стали характерно наличие ферритных и цементитных включений на фоне высокодисперсной перлитной структуры, что свидетельствует о незавершенности диффузионных процессов.

После холодной штамповки, как правило, проводят отжиг для снятия напряжений. Высокотемпературный отжиг способствует

1. Свойства порошковых сталей, полученных радиальной штамповкой

Содержание углерода, %	Плотность, г/см ³	Относительная плотность	Механические свойства			
			σ_b , МПа	Прогиб, %	HRB, МПа	HB, МПа
0,24—0,28	7,40—7,55	0,96—0,98	380—450	21,7—26,3	53—70	95—115
0,83—0,92	7,35—7,42	0,97—0,98	760—840	8,2—10,1	77—82	135—150

2. Свойства меди различных способов получения

Способ получения меди	Пористость, %	σ_b , МПа	δ , %
Порошковая, полученная холодной штамповкой, после высоко-температурного отжига	2	223	46
Литая, после деформации и отжига	0	220—245	45—55

гомогенизации (однородности) структуры многокомпонентных систем, снижает уровень дефектов, приводит к растворению в основном металле примесей, зарастанию трещин. Такой отжиг приводит к росту как пластичности, так и прочности порошкового материала, и свойства порошкового материала сопоставимы со свойствами литого деформированного материала.

При отжиге, даже при высоких температурах нагрева, не наблюдается значительного роста зерна. На рис. 4, а, показана структура порошковой меди, полученной холодной штамповкой после отжига, и, для сравнения, структура литой меди после деформации и отжига (рис. 4, б), а в табл. 2 — их свойства.

Для повышения свойств материалов, полученных холодной штамповкой, их подвергают и другим видам термической и химико-термической обработки.

Выводы

По проведенным экспериментальным исследованиям можно сделать вывод о том, что холодная штамповка пористых заготовок (ХШПЗ) не только является рациональным способом получения деталей, но и обеспечивает повышение физико-механических свойств материалов, а именно, высокотемпературный отжиг способствует однородности

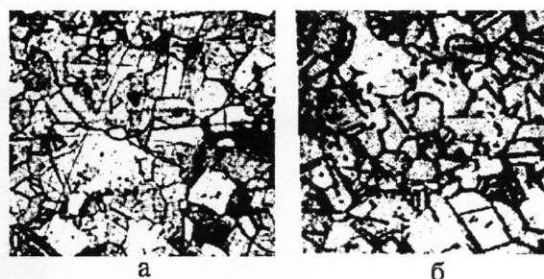


Рис. 4. Структура порошковой меди, полученной холодной штамповкой после отжига (а), и структура литой меди после деформации и отжига (б) $\times 360$

структуры многокомпонентных систем, снижает уровень дефектов, приводит к зарастанию трещин, а также к росту пластичности и прочности порошкового материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витязь П.Л. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег. Минск.: Выш. шк., 2005. 160 с.
2. Скрыбин В.А., Зверовщиков А.Е. Металлографический анализ образцов из порошковых материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2019. № 3. С. 33—37.
3. Савицкий А.П. Многоуровневое моделирование объемных изменений двухкомпонентных порошковых тел при спекании // Журнал технической физики. 2010. Т. 80. Вып. 3. С. 63—68.
4. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1983. 360 с.

ООО «Наука и технологии»

Учредитель журнала ООО «Наука и технологии»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-21982 от 21 сентября 2005 г.

Оригинал-макет и электронная версия изготовлены в ООО «Сид».

Сдано в набор 02.06.2020. Подписано в печать 22.07.2020.

Формат 60×88 1/8. Печать цифровая. Усл. печ. л. 5,86. Уч.-изд. л. 5,81. Тираж 52 экз. «Свободная цена».

Отпечатано в ООО «Сид»