

УДК 629.782.519.711

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО
УПРОЧНЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ КАРБИДОСТАЛЕЙ**

© 2013 А.У. Ахмедпашаев, Ж.Б. Бегов

Дагестанский государственный технический университет

Поступила в редакцию 25.03.2013

Рассмотрены вопросы, связанные с возможностью замены труднообрабатываемых, дорогостоящих высоколегированных традиционных сталей поверхностно упрочненными порошковыми материалами на основе железа для металлообрабатывающего инструмента. С целью определения экономно легированного химического состава порошкового материала на основе железа, позволяющего заменить в некоторых случаях традиционные быстрорежущие стали, получаемые отливкой и ковкой, в работе использован метод планирования экспериментов Бокса-Уилсона.

Ключевые слова: *металлические порошки, обработка резанием, режущий инструмент, горячее и холодное прессование, формообразование*

На современном этапе развития промышленности основная задача состоит в значительном повышении технического уровня и улучшении качества изготавливаемого режущего инструмента. Для изготовления режущего фасонного инструмента (затыловочные фрезы) используются быстрорежущие стали: P18, P6M5 и др. Они трудно обрабатываются резанием, и при их изготовлении основная масса дорогостоящего материала уходит в стружку. Поэтому в данной работе рассматриваются вопросы, связанные с возможной заменой труднообрабатываемых, дорогостоящих высоколегированных традиционных сталей поверхностно-упрочненными порошковыми материалами на основе железа для металлообрабатывающего инструмента [1]. Для повышения эффективности исследований, сокращения материальных затрат и времени при выполнении намеченной программы, использовали метод математического планирования эксперимента Бокса-Уилсона (табл. 1). Подробное описание этого метода дано в работах [2-4].

Процессы подготовки порошков к формированию занимают важное место в общей схеме производства спеченных материалов и изделий. Почти во всех случаях возникает необходимость в специальных операциях подготовки для придания порошку определенных химических и

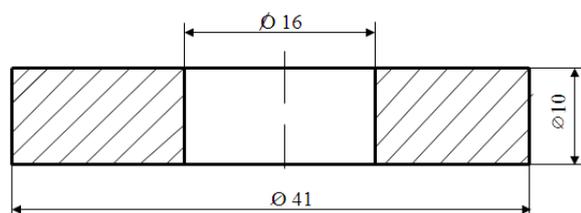
физических характеристик, а именно: отжиг, рассев и смешивание. Для получения однородной смеси приготовление шихты проводили в специальных смесительных устройствах. Как известно, шихта считается однородной лишь в том случае, если при взятии пробы химический состав ее соответствует заданному. Для этого был проведен химический анализ проб шихт. При длительном хранении смеси может появиться сегрегация, поэтому для каждого опыта порошковую смесь подготовили незадолго до прессования. Каждый компонент шихты заданного состава подсчитаны в граммах, считая, что масса образца $100 \cdot 10^{-3}$ кг (для удобства вычисления). Например, для образца первой строки матрицы содержание углерода (в 10^{-3} кг по массе): C = 0,2; Cr = 6; Ti = 2; Mo = 2; W = 1; V = 0; Ni = 2; Fe – остальное. Во всех образцах для повышения пластичности выбрали содержание стеарат цинка – $0,8 \cdot 10^{-3}$ кг. Аналогично определяли содержание шихты остальных 8 опытов. Взвешивание проводили на оптических весах с точностью до $0,001 \cdot 10^{-3}$ кг. Руководствуясь этими данными для получения образцов было произведено 11 опытов. Каждый опыт повторялся 3 раза. Для исследования выбрали образец II группы сложности (рис. 1).

Ахмедпашаев Алимхан Узайруевич, аспирант. E-mail: ahmedpashaev@mail.ru

Бегов Жамидин Баламирзаевич, старший преподаватель кафедры «Основы конструирования машин и материаловедения». E-mail: unidgtu@yandex.ru

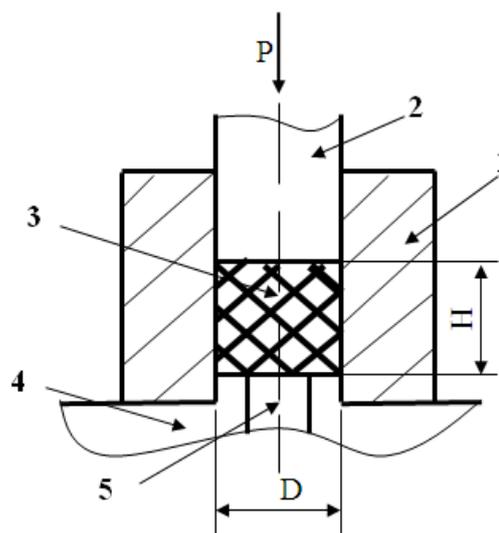
Таблица 1. Матрица планирования эксперимента при разработке рационально легированных порошковых материалов на основе железа для режущего инструмента

Характеристика	Факторы						
	C, %	Ti, %	Mo, %	W, %	V, %	Ni, %	Cr, %
	Намеченные уровни						
основной уровень (ΔX_0)	0,4	6	4	2	3	4	9
интервал варьирования (ΔX_0)	0,2	4	2	1	3	2	3
верхний уровень (+1)	0,6	10	6	3	6	6	12
нижний уровень (-1)	0,2	2	2	1	0	2	6
	Уровни факторов						
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1
3	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
4	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1
5	+1	-1	-1	+1	-1	+1	+1
6	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1
7	-1	-1	+1	+1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1
9	0	0	0	0	0	0	0

**Рис. 1.** Порошковый образец

Прессуемость и формуемость являются важнейшими технологическими характеристиками порошков. Процесс прессования складывался из следующих основных операций: а) дозировка шихты с помощью весов; б) засыпка шихты в матрицу пресс-формы; в) процесс прессования; г) удаление брикета из пресс-формы. Прессование для формирования заданных образцов проводили путем приложения давления к порошку, который находился в закрытой форме. Объем изменяется из-за того, что при прессовании отдельные частицы в результате смещения заполняют пустоты, поэтому с научной точки зрения прессование рассматривается как увеличение контакта между частицами порошка за счет деформации внешними силами P (рис. 2). Между частицами прессуемого порошка находится воздух. По мере уплотнения он начинает оказывать препятствие уплотнению.

По характеру кривой при прессовании металлические порошки уплотняются монотонно (рис. 3). Для выполнения намеченных исследований мы выбрали статическое прессование, как наиболее приемлемое для режущего инструмента. Для изготовления образцов смесь с необходимыми компонентами тщательно смешивали и прессовали на прессе К-8130 с расчетным усилием 111,6 МПа.

**Рис. 2.** Пресс-форма:

1 – матрица; 2 – верхний пуансон; 3 – порошок; 4 – нижний пуансон; 5 – выталкиватель

Здесь наиболее быстро плотность упаковки частиц нарастает на начальной стадии, когда частицы перемещаются относительно свободно, занимая близлежащие пустоты. К концу этой стадии частицы оказываются уплотненными максимально. Сопротивление частиц сжатию велико и, несмотря на возрастание давления, порошок некоторое время не уменьшает своего объема, так как частицы не перемещаются относительно друг друга и испытывают лишь упругую деформацию. Когда давление прессования превышает сопротивление сжатию порошкового материала, начинается его уплотнение за счет пластической деформации частиц. Значит, чем пластичнее частицы, тем при более низких давлениях происходит уплотнение образца.

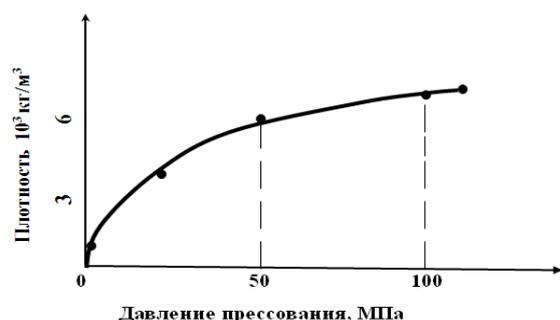


Рис. 3. Кривая уплотнения порошка при прессовании

Исследования показали, что плотность по сечению порошкового брикета неодинакова. При этом прочность прессовок растет не с твердостью, а с мягкостью и пластичностью порошкового материала на основе железа. Неравномерная плотность брикета может оказать прямое влияние на искажение формы и размеров брикета при спекании, а также вызывать нежелательное изменение свойств спеченного изделия. При прессовании необходимо знать, что плотность брикета зависит также от давления. Явление увеличения размера прессовки при снятии давления прессования, а также при выпрессовывании брикета из формирующей полости пресс-формы, называемой упругим последствием, определяется по формуле (в %):

$$\delta_e = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 \quad \ominus \quad \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где δ_e – величина упругого последствия, %; Δl – абсолютное расширение брикета по длине или диаметру, м; l_0 – длина брикета, находящегося в прессформе под действием давления прессования, м; l_1 – длина брикета после снятия давления или выпрессовывания из пресс-формы, м.

Для проведения формования в соответствии с приведенными расчетами заполняем матрицу насыпным порошком и проводим прессование. Насыпная плотность представляет собой массу единицы объема свободно насыпанного порошка. Существенное влияние на насыпную плотность оказывает наличие тонких фракций в порошке. Насыпную плотность определяем следующим образом:

$$\gamma_{нас} = (y_2 - y_1) / V, \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

где y_1 – масса мерки, кг; y_2 – масса мерки с порошком, кг; V – объем мерки, м³.

Прессуемые порошки обладают хорошей текучестью, т.е. способностью с определенной скоростью двигаться из отверстия. Особенно важную роль играет текучесть при автоматическом прессовании. Текучесть уменьшается при снижении размеров частиц, т.к. тонкие порошки обладают большой удельной поверхностью и сцепляемостью. Спекание является важной технологической операцией, обеспечивающей превращение механически непрочной прессовки в прочное спеченное изделие с необходимыми свойствами. В результате спекания происходит снятие остаточных напряжений, возникающих за счет упругих свойств порошка, из-за собственной температурной подвижности атомов.

Спекание, проведенное в печи ПБ 36803А при температурах 1100-1150°С в среде эндотермического газа (38-40% H₂) + (38-42% N₂) + (13-20% СО) предохраняет обезуглероживание. Однако при применении этих газов на образцах происходила обратная реакция, т.е. титан и другие элементы соединялись с газом и поверхность некоторых образцов разрушалась.

Вакуумное спекание осуществляли в электродной вакуумной печи типа СЭВ – 5,5/11,542. Вакуум печи поддерживали в 10⁻³ Па в течение двух часов при температуре 1200°С. Состояние поверхности всех образцов хорошее с 3-5 процентной пористостью. Плотность полученных образцов определили по следующей формуле (ГОСТ 25281-82):

$$\gamma = P_1 \cdot (P_1 - P_2) \cdot \gamma_0 \cdot (1 + \alpha t) \quad (3)$$

где P_1 – вес образца на воздухе, кг; P_2 – вес образца в жидкости, кг; γ_0 – плотность жидкости при комнатной температуре, кг/м³; α – коэффициент объемного расширения; t – температура жидкости, °С. Погрешность взвешивания составляла не выше 10⁻⁶ кг.

При разработке рационально легированных порошковых материалов на основе железа чрезвычайно важно изучение свойств: пористости, прочности, особенности технологии производства и других факторов. Полученные экспериментальные данные плотности опытных образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Экспериментальные данные плотности образцов холодного прессования

Характеристика	Номера опытов								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
плотность, кг/м ³	7330	7100	7440	7230	7180	6890	7240	6700	7100

Выводы:

1. Определена технология получения образцов для исследования до упрочнения и обоснован выбор оборудования для проведения исследований.

2. Выявлены закономерности формирования рационально легированных порошковых материалов при холодном прессовании.

3. Представлена технология компактирования и спекания рационально легированных материалов на основе железа.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.» под руководством д.т.н. М.У. Ахмедпашаева

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ахмедпашаев, М.У.* Металлографический анализ порошковых материалов на основе железа / *М.У. Ахмедпашаев, А.У. Ахмедпашаев* // Технология металлов. 2006. № 6. С. 17-18.
2. *Блинова, Е.И.* Планирование и организация эксперимента: учебно-методическое пособие. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2010. 130 с.
3. *Батрак, А.П.* Планирование и организация эксперимента :учебное пособие. – Красноярск: ИПЦ СФУ, 2007. 60 с.
4. *Новик, Ф.С.* Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента / *Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов.* - М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. 304 с.

FEATURES OF RECEIVING THE SURFACE STRENGTHENED POWDER CARBID STEELS

© 2013 A.U. Akhmedpashayev, Zh.B. Begov

Dagestan State Technical University

The questions bound to possibility of replacement the hard-processing, expensive high-alloyed traditional steels by surface strengthened powder materials on the basis of iron for metalworking tool are considered. For the purpose of determination the economically alloyed chemical composition of a powder material on the basis of iron, allowing to replace in certain cases the traditional quick cutting steels received by casting and forging, in work the Box-Wilson method of planning the experiments is used.

Key words: metal powders, processing by cutting, cutting instrument, hot and cold casting, pressforming

Alimkhan Akhmedpashaev, Post-graduate Student. E-mail: ahmedpashaev@mail.ru

Zhadimin Begov, Senior Teacher at the Department “Bases of Machine Designing and Material Science”. E-mail: unidgtu@yandex.ru