

мерных углерода и хрома обеспечивает равномерное распределение частиц порошка железа, углерода и хрома по объему. Отмечено, что такое распределение частиц позволяет исключить из технологического цикла «мокрое» смешивание.

2. Установлено, что применение высокотемпературного пека и наноразмерных частиц углерода и хрома позволяет снизить на 15-20% давление прессования в результате исключения контакта между частицами порошка железа и стенками матрицы за счет их обволакивания высокотемпературным пеком при предварительном смешивании шихты.

Литература

1. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. – М.: Аспект Пресс, 1997. – 718 с.
2. Фиалков А.С. Углеграфитовые материалы. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
3. Привалов В.Е., Степаненко М.А. Каменноугольный пек. – М.: Металлургия, 1981.- 208 с.
4. Уббелоде А.Р., Льюис Ф.А. Графит и его кристаллическое строение. – М.: Мир, 1969. 174с.
5. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок . – М.: Металлургия, 1977.- 216 с.
6. Дорофеев Ю.Г., Мариненко Л.Г., Устименко В.И. Конструкционные порошковые материалы и изделия. – М.: Металлургия, 1986. – 296 с.
7. Роман О.В., Габриелов И.П. Справочник по порошковой металлургии: порошки, материалы, процессы. – Минск. : Беларусь, 1988.-175 с.
8. Дорофеев Ю.Г., Гасанов Б.Г., Дорофеев В.Ю. и др. Промышленная технология горячего прессования порошковых изделий.– М.: Металлургия. - 1990.- С. 108 -110

Влияние поверхностной энергии металлических образцов на прочность клеевых соединений

к.т.н. доц. Зинина И.Н., Пиманов М.В.

МГТУ «МАМИ», КузГТУ

8(495)223-05-23, доб. 1068, zin_ina@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос влияния механической обработки на изменение поверхностной энергии металлических деталей и связанную с ней прочность адгезионных, главным образом клеевых, соединений. Приводятся данные экспериментальных исследований по измерению поверхностной энергии образцов после разных видов механической обработки.

Ключевые слова: клеевые соединения, поверхностная энергия, шероховатость поверхности, смачивание.

Работа выполнена в рамках реализации госконтракта №14.740.11.0984 по ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 гг.

Целью выполняемой работы является определение наиболее рациональных условий для выполнения процесса сборки клеевых соединений. Для назначения технологических режимов операции склеивания необходимо не только подобрать клеевую композицию, подходящую для соединяемых материалов, но и создать условия, при которых выбранная пара клеев – материал обеспечит наивысшую прочность и долговечность.

Многочисленные исследования, проводимые ранее, показали, что существенным фактором, влияющим на прочность адгезионных (клеевых и с использованием герметиков) соединений, является качество соединяемых поверхностей. В частности, Зининой И.Н. и Вартановым М.В. [1] было установлено, что для жестких конструктивных клеев, обеспечивающих высокие показатели прочности соединений, характерна экстремальная зависимость прочности клеевого соединения от шероховатости. Было установлено, что для ненаполнен-

ных полимеров наиболее высокие значения прочности как на отрыв, так и на сдвиг обеспечиваются при значениях шероховатости 2,5 – 5 мкм по Ra. Некоторые исследователи [2, 3] указывают, что повышение прочности с ростом шероховатости связано с изменением такой физической характеристики материала, как поверхностная энергия. С повышением поверхностной энергии улучшаются условия растекания и смачивания клеем шероховатой поверхности, вследствие чего происходит увеличение прочности соединения.

Для проверки этой гипотезы были проведены эксперименты по измерению поверхностной энергии металлических образцов с разной шероховатостью. В экспериментальной проверке использовались металлические образцы из листовой стали 3, обработанные фрезерованием, шлифованием и необработанные (в состоянии поставки). С момента обработки образцов до проведения эксперимента проходило более 24 часов. Это соответствует производственным условиям, в которых процессы механической обработки и сборки разнесены по времени.

Избыток энергии в поверхностном слое, отнесенный к единице поверхности и обусловленный различием межмолекулярных взаимодействий в обеих фазах, называется поверхностной энергией γ [4]. Свободная поверхностная энергия, или поверхностное натяжение, – основная энергетическая характеристика любого вещества. Поверхностная энергия твердого тела в отличие от поверхностного натяжения жидкости не является равновесной величиной. Эта величина зависит от предыстории поверхности, особенностей ее формирования, может быть различной в различных точках поверхности [4-6].

Соотношение поверхностных энергий адгезива (клея) и субстрата (образца) – основополагающая причина возникновения адгезионных связей [7]. Чем выше поверхностная энергия субстрата, тем лучше он смачивается адгезивом, что является предпосылкой возникновения высокопрочных адгезионных связей. Теоретически, повышая поверхностную энергию субстрата, можно добиться улучшения условий смачивания и, следовательно, увеличения количества адгезионных связей.

В общем случае свободная поверхностная энергия твердых тел определяется двумя слагаемыми – полярной и дисперсионной. Под дисперсионным (распределенным) компонентом понимается энергия, отнесенная к лондоновскому взаимодействию, а под полярным (или нераспределенным) – все остальные виды взаимодействия, в т.ч. кеззомовское, дебаевское, кислотно-основное (донорно-акцепторное) и водородное.

Несмотря на большое разнообразие методов измерения поверхностной энергии твердых тел [8], до сих пор нет достаточно надежного, теоретически строгого способа характеристики этой величины.

В настоящей работе использовался один из наиболее доступных методов определения свободной поверхностной энергии твердых тел — измерение смачивания [9]. Равновесие жидкости на твердой поверхности контролируется ван-дер-ваальсовыми силами. Эти силы, которые могут быть как притягивающими, так и отталкивающими, имеют большой диапазон взаимодействия с поверхностью (до 10 нм) [8].

Для определения поверхностной энергии оценивалось смачивание поверхности пластинок жидкостями с различными полярностями. При оценке поверхностной энергии металла определяли краевой угол смачивания при 20⁰С методом капли, лежащей на поверхности с использованием двух жидкостей: воды и формамида (рисунок 1). Расчет свободной поверхностной энергии (γ_s), дисперсионной (γ_s^d) и полярной (γ_s^p) ее составляющих проводился по уравнению:

$$1 + \cos \theta = \frac{[2(\gamma_s^d)^{1/2}(\gamma_{1v}^d)^{1/2}]}{\gamma_{1v}} + \frac{[2(\gamma_s^p)^{1/2}(\gamma_{1v}^p)^{1/2}]}{\gamma_{1v}}$$

где: γ_s^d и γ_{1v}^d – дисперсионные составляющие свободных поверхностных энергий твердой и жидкой фазы соответственно;

γ_s^p и γ_{1v}^p – полярные составляющие свободных поверхностных энергий.

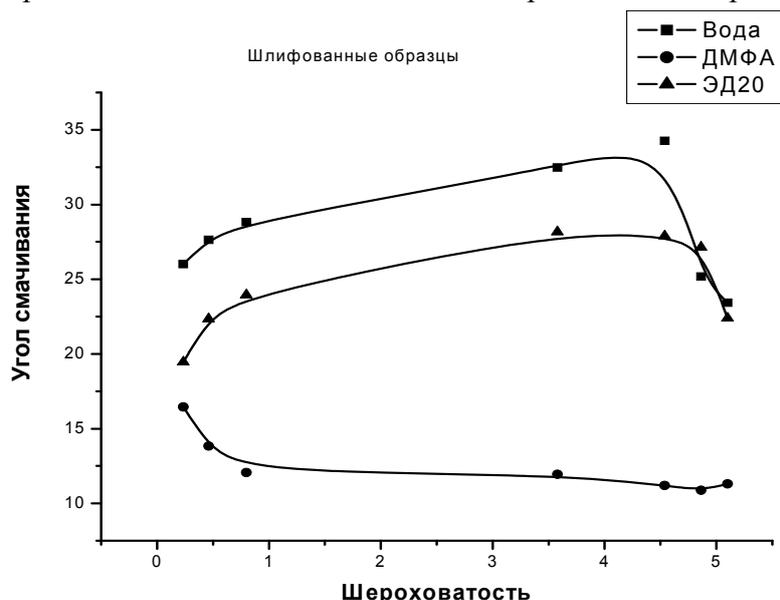


Рисунок 1 – Величина угла смачивания стальных образцов в зависимости от шероховатости

Энергетические характеристики жидкостей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Свободные поверхностные энергии жидкостей, используемых для измерения контактных углов смачивания

Жидкость	Свободная поверхностная энергия, мДж/м ²		
	γ_{1v}^d	γ_{1v}^p	γ_{1v}
Вода	21,8	51	72,8
Формаид	39,5	18,7	58,8

Результаты расчета свободной поверхностной энергии в зависимости от шероховатости поверхности приведены в таблице 2 и представлены на графике (рисунок 2).

Таблица 2

Свободная поверхностная энергия образцов из стали 3 в зависимости от шероховатости поверхности

Шероховатость, Ra мкм	Свободная поверхностная энергия, мДж/м ²		
	γ_s^d	γ_s^p	γ_s
0,20	44,91	20,71	65,62
0,36	49,99	18,95	68,93
0,80	40,80	23,57	64,37
3,70	39,89	24,07	63,96
4,46	35,61	26,12	61,73
4,90	43,73	22,42	66,15
5,10	45,66	21,28	66,93

Как видно из результатов экспериментов, механическая обработка практически не влияет на изменение поверхностной энергии материала. Поверхностная энергия зависит исключительно от природы металла. Ее колебания незначительны и связаны с неоднородностью поверхности. Нужно отметить, что изменение поверхностной энергии металла путем только механической обработки невозможно и, следовательно, влияние её изменения на сма-

чивание поверхности и прочность адгезионного соединения можно не учитывать.

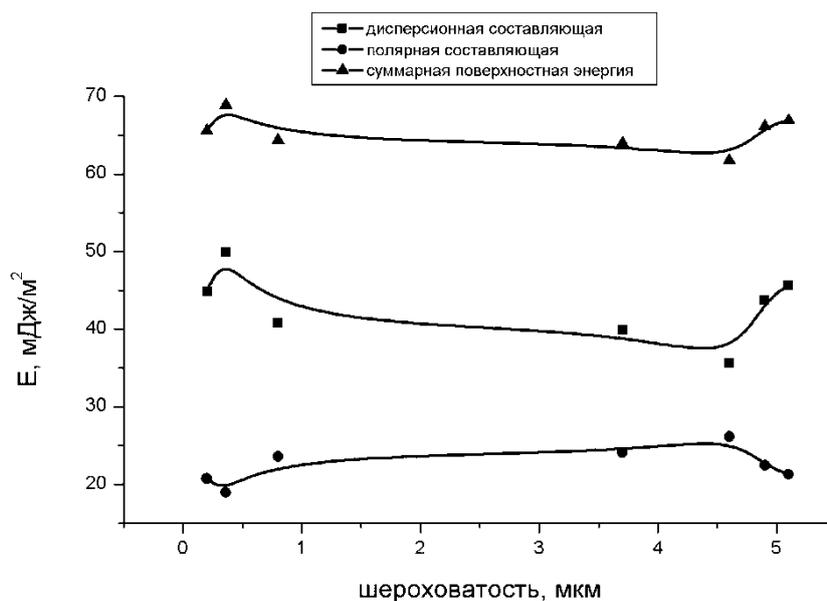


Рисунок 2 – Значения поверхностной энергии стальных образцов в зависимости от шероховатости

Литература

1. Зинина И.Н., Вартанов М.В. Влияние качества поверхности на прочность адгезионных соединений // Сборка в машиностроении, приборостроении. № 2, 2000 г.
2. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология. – М.: Мир, 1991. – 300 с.
3. Басин В.Е. Адгезионная прочность. – М.: Химия, 1981 – 208 с.
4. Белый В.А., Егоренков Н.И., Плескачевский Ю.М. Адгезия полимеров к металлам. – Минск: Наука и техника, 1971. – 288 с.
5. Москвитин Н.И. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 191 с.
6. Хрулев В.М. Прочность клеевых соединений. – М.: Стройиздат, 1973. – 81с.
7. Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смилга В.П. Адгезия твердых тел. – М.: Наука, 1973 – 279 с
8. Johnson R.E., Robert H.D. Histerecis of contact angle. / Advances in Chemistry Series 43. / Ed. R.F. Gould. – Washington: American Chemical Society, 1964. – p. 112-144
9. Адгезивы и адгезионные соединения. / Под ред. Л.-Х. Ли. – М.: Мир, 1988. – 200 с.

Влияние неравномерности припуска обрабатываемых заготовок на выходные параметры технологического оборудования

к.т.н. доц. Иванников С.Н., Шандов М.М.
МГТУ «МАМИ»
8(495)223-05-23, доб. 1327

Аннотация. Рассмотрено влияние неравномерности припуска обрабатываемых заготовок и связанного с этим колебания значений глубины резания и, следовательно, сил резания на упругие перемещения в технологической системе и выходные параметры точности оборудования при изготовлении деталей типа «тела вращения».

Ключевые слова: влияние неравномерности припуска, силы резания, упругие перемещения в технологической системе, параметры точности оборудования

Основной целью машиностроительного производства является выпуск продукции за-