

suspension. Such suspensions are not recommended to be crushed by other mills, except for three-roll ones. However, using a stabilizer or adding, for example, resins for paint products, it is possible to use bead mills.

3. Most of all components and finished suspensions have sedimentation, because are suspensions and require the use of stabilizers. For the production of paints and concentrated pastes for decorative cosmetics using stabilizers based on surfactants.

REFERENCES

1. Hrininh K. Features of an ultra-fine grinding by wet method in bead mills / K. Hrininh, O. Gubenia // Proceedings of University of Ruse. – 2017. – Volume 56, Book 10.2. – pp. 79-85.

2. Hrininh K. Investigation the process of superfine grinding of components of pharmaceutical and cosmetic products on the bead mill/ K. Hrininh, R. Hordeichuk, O. Gubenia // Proceedings of University of Ruse. – 2018. – Volume 57, Book 10.3. – pp. 41-45.

3. Hrininh K. Ascertainment of the addiction of the temperature of the working bodies on the grinding degrees of pigment suspension on the basis of acetyltributyl citrate on the industrial three-roll mill/ K. Hrininh, R. Hordeichuk // Proceedings of University of Ruse. – 2018. – Volume 57, Book 10.3. – pp. 46-49.

4. Кустова С.П. Розробка технології мази Фенсукцинала/ С.П. Кустова, М.О. Бойко // Сучасна фармацевтична технологія. – 2011. - №5 (16). – с. 71-74.

5. Черевко О.І. Реологія в процесах харчових продуктів. Класифікація та характеристика неньютонівських рідин / О.І. Черевко, В.М. Михайлов, В.І. Маяк – Харків : ХДУХТ, 2014. – 244 с.

УДК 621.791.72

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПОКРЫТИЙ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ОСНОВЕ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

канд. техн. наук, доцент О.В Дьяченко, канд. техн. наук, доцент М.А Кардаполова, БНТУ, г. Минск

Резюме – Исследовано влияние режимов лазерной обработки клеевых и газотермических покрытий из порошков на железной основе после лазерного модифицирования V_4C на адгезионную прочность покрытий.

Увеличение требований техники и промышленности к свойствам поверхностных слоев вызывает необходимость создания композиционных многокомпонентных покрытий, включающих в свой состав химические соединения различных металлов. Лазерное легирование широко используется как при изготовлении новых, так и при восстановлении изношенных деталей машин. Для этой цели широко используются такие материалы как карбиды бора [1], карбиды вольфрама [2], молибден и оксиды циркония [2].

Самофлюсующиеся сплавы на железной основе чувствительны к энергетическому воздействию и добавлением легирующих элементов. При лазерном легировании появляется реальная возможность для увеличения точности дозирования подвода энергии и легирующих элементов [4, 5].

При единичном и мелкосерийном производствах может быть затруднительно изготовление деталей с покрытиями методами плазменного напыления. Это связано, прежде всего, с высокой стоимостью и технологической сложностью применяемого для напыления оборудования. В этом случае покрытия и легирующие материалы могут быть нанесены на части деталей клеевым методом, который заключается в применении связующих веществ в порошковой композиции.

Кроме того, покрытия, нанесенные на детали, подвергаются воздействию механических нагрузок, а прочность сцепления является лимитирующей для их использования. Лазерный переплав клеевых композиций повышает их адгезию, при этом максимально сохраняя исходные свойства порошка и его структуру.

Цель работы – изучение влияния параметров лазерной обработки и дополнительного легирования на адгезию покрытий системы Fe–Cr–B–Si, получаемых методами плазменного напыления и нанесения клеевой композиции, оплавленных лучом лазера.

Клеевым и плазменным методами наносили порошок ПР-Х4Г2Р4С2Ф. Покрытия исследовались методом штамповой пробы. После подготовки поверхностей на них нанося кисточкой следующую композицию – 3% клея БФ –2 и 97% ацетона. Во втором случае, порошок наносился с помощью плазменной установки УПУ-3Д с источником питания ИПН-160/600 и плазмотроном ПП-25 на режимах: $I = 250$ А, $U = 80$ В, $P = 60$ МПа. Толщина слоя, в обоих случаях, составляла 0,6 мм. Далее на два покрытия наносили желтую гуашь. Для одной из серий экспериментов вместо желтой гуаши на клеевую композицию использовали обмазку на основе карбида бора.

Оплавление покрытий, нанесенных клеевым и плазменным методами осуществляли непрерывным лазером ЛГН-702 мощностью $N = 800$ Вт при диаметре пятна лазерного луча от $d_1 = 1,0 \cdot 10^{-3}$ м до $d_1 = 3,0 \cdot 10^{-3}$ м со скоростями перемещения $V_1 = 0,83 \cdot 10^{-3}$ м/с, $V_2 = 1,67 \cdot 10^{-3}$ м/с, $V_3 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м/с, $V_4 = 3,33 \cdot 10^{-3}$ м/с, $V_5 = 5 \cdot 10^{-3}$ м/с и коэффициентами перекрытия $k = 0,8$ и $k = 1,2$ с целью получения единого фазового состава и заданных свойств по всей толщине покрытия.

Исследования проводили с применением разрывной машины «RIENLE». Усилие плавно изменялось от 0 до 50000 Н. Применяли штампы из стали 40Х, которые были вставлены один в другой и притертые друг к другу. Форма торцевых поверхностей конусов – кольца концентрической формы конусов кольца концентрической

формы. У наименьшего конуса диаметр составляет 12 мм, а большего – 20 мм. Штифты подобной конструкции давали возможность получать более однородный отрыв.

Прочность сцепления покрытий σ_d рассчитывали следующим образом:

$$\sigma_d = \frac{F}{S}$$

Для исследования влияния методов покрытия использовали уравнение двухуровневого полнофакторного эксперимента. При испытании прочности сцепления армированной В₄С клеевой композиции четко прослеживается адгезионный и адгезионно-когезионный характер разрыва образцов. Первый случай характерен для высоких скоростей детали относительно лазерного луча, и покрытие полностью сломалось, а во втором случае часть покрытия осталась на подложке.

Разрушение покрытия начиналось с его кромок, где наименьший слой клеевой композиции и присутствуют дефекты, т.е. нет хорошего контакта композиции подложки. Это связано с концентрацией в этих местах повышенных напряжений. С ростом нагрузки в них появляются микротрещины, постепенно проходящие к центральной части склеивания. После того, как количество микротрещин достигает определенного уровня, они соединяются в трещину больших размеров, и покрытие разрушается [6].

Проведенные расчеты позволили определить уравнение регрессии для расчета прочности сцепления для клеевого покрытия, армированного частицами В₄С:

$$\sigma_d = 90,76 - 25,17X_1 - 9,83X_2 - 10X_3 + 2,58X_1X_2 + 3,24X_2X_3.$$

где X_1 – скорость детали относительно луча лазера;

X_2 – диаметр луча лазера;

X_3 – коэффициент перекрытия лазерных дорожек.

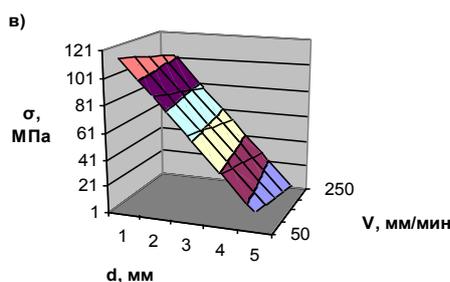


Рисунок 1 – Зависимость прочности сцепления покрытия после лазерного легирования В₄С при коэффициенте перекрытия $k = 1,2$

Найдены зависимости σ_d покрытия и основы после лазерного переплава с В₄С с коэффициентом перекрытия $k = 1,2$ (рисунок 1). Четко видна зависимость σ_d всех видов покрытий: с увеличением скорости детали относительно лазерного луча ведет к уменьшению σ_d . Скорость $V_1 = 0,83 \cdot 10^{-3}$ м/с, ведет к увеличению времени пребывания покрытия в зоне лазерного нагрева которое, в связи с этим, сильнее проплавляется, что и приводит к увеличению прочности сцепления покрытия и основы. Увеличив диаметр до $3 \cdot 10^{-3}$ м вследствие расфокусировки лазерного луча, мы уменьшаем энергозатраты, что ведет к более слабому проплавлению покрытия и уменьшению σ_d , чем при $d_1 = 1 \cdot 10^{-3}$ м.

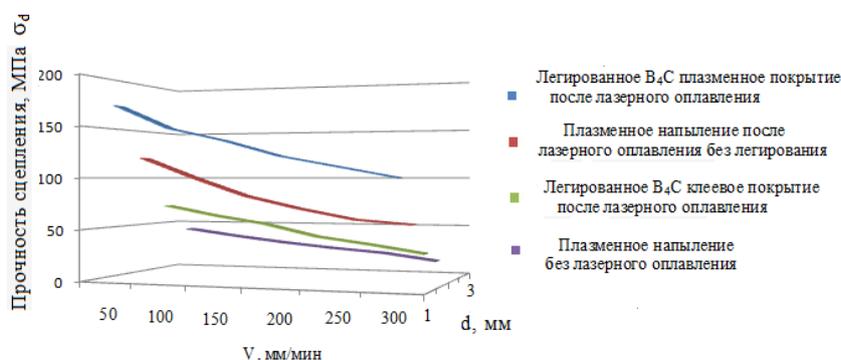


Рисунок 2 – Влияние технологии нанесения перекрытия на прочность сцепления.

На основании анализа полученных результатов можно утверждать, что в плазменно-напыленном покрытии без последующего лазерного оплавления прочность сцепления уменьшается в 4 – 5 раз из-за присутствия пор и значительного количества оксидных пленок в покрытии.

Для плазменных покрытий после лазерного оплавления без дополнительного легирования максимальное значение σ_d было найдено при минимальной скорости детали относительно луча лазера. С увеличением скорости лазерного луча до 300 мм/мин σ_d уменьшается почти в 1,5 раза. Это связано со структурными изменениями в покрытии в результате уменьшения времени пребывания образца в зоне нагрева лазера.

В покрытиях из клеевых композиций армированных частицами B_4C , σ_d повышается примерно в 1,5 раза по сравнению с покрытиями, нанесенными плазмой. Данное явление наблюдали при оплавлении образцов на низких скоростях детали относительно лазерного луча. Диаметр луча лазера и коэффициент перекрытия оказывает более слабое влияние на σ_d чем скорость детали относительно луча лазера.

Заключение. 1. Полученная математическая модель дает возможность рассчитать прочность сцепления покрытия и основы на различных режимах лазерной обработки. 2. Для плазменных покрытий после лазерного переплава без дополнительного легирования максимальная прочность сцепления найдена на самой малой скорости детали относительно лазерного луча. При увеличении скорости детали относительно лазерного луча она уменьшается почти в 1,5 раза. У клеевых композиций, армированных частицами B_4C путем лазерного переплава, σ_d ниже примерно в 1,5 раза по сравнению с покрытиями, нанесенными плазмой. Более высокая прочность сцепления наблюдается при низких скоростях детали относительно лазерного луча.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yilbas B.S., Patel F., Karatas C. (2013): Laser controlled melting of HSLA steel surface with presence of B_4C particles. - Appl. Surf. Sci. – vol. 282, pp. 601–606.
2. Dobrzanski L.A., Bonek M., Hajduczek E. and Klimpel A. (2005): Alloying the X40CrMoV5-1 steel surface layer with tungsten carbide by the use of a high power diode laser. - Appl. Surf. Sci. - vol. 247, No. 1 – 4, pp. 328 – 332.
3. Ng K.W., Man H.C. and Yue T.M. (2008): Corrosion and wear properties of laser surface modified Ni – Ti with Mo and ZrO_2 . - Appl. Surf. Sci. –vol. 254, No. 21, pp. 6725–6730.
4. Ларионов В. П., Болотина Н. П., Аргунова Т. В., Тюнин В. Д., Лебедев Н. П. Влияние лазерной обработки на структуру и состав плазменно-напыленных покрытий системы Ni–Cr–B–Si–C // ФХОМ. 1987. № 1. С. 74 – 78.
5. Спиридонова И. М. Структура и свойства железоборуглеродистых сплавов / Металловедение и термическая обработка металлов. 1984. № 2. С. 58 – 61.
6. Повышение адгезионной прочности клеевых покрытий системы Fe–Cr–B–Si лазерной обработкой и легированием / Н.Н. Дорожкин, М.А. Кардаполова, О.В. Дьяченко, Т.М. Абрамович, С.А. Донских, Ю.А. Симонов // Машиностроение. Респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, 2007.– Вып. 22. – С. 149–156.

УДК 664.282

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ПЕРЕГОРОДОК ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ГРАНУЛ НАТИВНОГО КРАХМАЛА ПО РАЗМЕРУ

А.А. Заболотец, канд. техн. наук, доцент А.И. Ермаков., БНТУ, доктор техн. наук, доцент В.В. Литвяк; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск

Резюме – предложено усовершенствовать технологический процесс получения нативного картофельного крахмала путем фильтрования крахмальной суспензии с целью разделения частиц крахмала по размерам на фракции. Рассмотрена классификация фильтров. Выявлено, что мембранное фильтрование является предпочтительным методом разделения гранул нативного картофельного крахмала по размерам на фракции. Представлена классификация мембран, использующихся в различных мембранных процессах.

Введение. Пищевая промышленность является одним из крупнейших потребителей крахмала и крахмалопродуктов. Нативный (немодифицированный) крахмал – продукт натурального происхождения, не являющийся пищевой добавкой. Использование нативных крахмалов в чистом (товарном) виде в пищевой промышленности оказывает значительное влияние на органолептические показатели качества продуктов питания.

Основная часть. Размер частиц крахмала, полученного из растительного сырья, в диапазоне от 5 мкм до 45 мкм является оптимальным для использования в пищевых композициях с непрерывной водной фазой. Таким образом, достигается баланс между соотношением калорий, получаемых из медленно усваиваемых углеводов к общей калорийности и вязкостью пищевой композиции. Кроме того, нативные крахмалы имеют нейтральный вкус, позволяющий использовать их в различных продуктах.

Установлено, что для регулирования физико-химических свойств натурального крахмала, полученного из растительного крахмалосодержащего сырья, без использования модифицирующих факторов необходимо проводить более тщательную переработку этого сырья. Предлагается добавить в технологический процесс получения нативного картофельного крахмала этап фильтрования крахмальной суспензии с целью разделения частиц крахмала по размерам на фракции.

Среди существующих в практике методов разделения неоднородных систем, таких как осаждение, фильтрование, центрифугирование, мокрое разделение, наиболее подходящим для разделения суспензии нативного картофельного крахмала по размерам на фракции является процесс фильтрования. Такой вид разделения дает требуемую точность процесса. Именно фильтрование применяют для более тонкого разделения неоднородных систем. Данный процесс позволяет осуществлять разделение суспензии с помощью пористых