

УДК 669.586.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ И ТОЛЩИНУ ПОКРЫТИЯ НА КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЯХ

© 2015 О.С. Бондарева, А.В. Федорова

Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)

Статья поступила в редакцию 06.11.2015

Температура цинкования и время выдержки в расплаве являются основными технологическими параметрами, влияющими на толщину и микроструктуру покрытия. Основным требованием к цинковому покрытию на резьбовой части крепежных изделий является его минимальная толщина. Проведенные исследования позволили определить зависимости толщины покрытия на грани, вершине и впадине резьбы от температуры расплава и времени выдержки и разработать рекомендации по подбору технологических параметров для цинкования данного вида изделий. Ключевые слова: горячее цинкование, цинковые покрытия, кремнийсодержащие стали, фазовый состав покрытия, микролегирование расплава цинка.

ВВЕДЕНИЕ

Метод горячего цинкования применяется для защиты стальных изделий от атмосферной, водной и почвенной коррозии и широко используется для нанесения защитного покрытия на крепежные изделия. Объектом данного исследования были болты общего назначения. Основным требованием к оцинкованным болтам является минимальная толщина и равномерность цинкового покрытия на резьбе. Это необходимо для легкого соединения пары «болт-гайка». Слишком толстое цинковое покрытие требует дополнительных операций по повторной нарезке резьбы, что приводит к скалыванию покрытия, потере коррозионной стойкости и, следовательно, к браку всего изделия.

Основные технологические факторы, оказывающие влияние на толщину и структуру покрытия – температура процесса и время выдержки в расплаве цинка. Согласно литературным данным, с ростом температуры цинкования до 500 °С толщина покрытия увеличивается, при дальнейшем росте температуры толщина покрытия уменьшается. Это связано с изменением фазового состава покрытия. При температурах выше 500 °С не образуется ζ -фаза – основная составляющая цинкового покрытия [1]. При температурах до 490 °С и выше 520 °С на стали образуются плотные, однородные, хорошо сцепленные с ней железозинковые слои. В интервале 490 – 520 °С на стали возникают пористые, плохо сцепленные с поверхностью, железозинковые слои [2]. Время выдержки изделий в расплаве выбирается в зависимости от вида изделий.

Бондарева Ольга Сергеевна, аспирант кафедры «Технология металлов и авиационного материаловедения».
E-mail: osbond@yandex.ru
Федорова Анастасия Владимировна, студентка.
E-mail: nastena11.92@mail.ru

Химический состав стали, особенно содержание кремния, оказывает существенное влияние на формирование цинкового покрытия. Большой ассортимент болтов производят из стали обычного качества – СтЗпс. Основным недостатком данной стали является большой допуск по химическому составу, а именно по кремнию. Как показал многолетний опыт применения процесса горячего цинкования, при содержании кремния в стали 0,06-0,10% наблюдается аномальный рост толщины цинкового покрытия. Кроме того, такое покрытие может быть рыхлым и иметь нетоварный серый цвет [3-6].

Таким образом, поиск оптимальных технологических параметров процесса горячего цинкования для получения на резьбе метизов качественного покрытия минимальной толщины – актуальная задача для современной промышленности.

Целью данной работы было исследование влияния температуры процесса горячего цинкования и времени выдержки в расплаве цинка на микроструктуру и толщину покрытия на резьбовой части болтов из стали СтЗпс, содержащей около 0,1% кремния.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для исследования были выбраны образцы с содержанием Si=0,10% и P=0,04%. Химический состав образцов был определен на оптико-эмиссионном анализаторе Foundry-Master XPR. Образцы прошли предварительную химическую подготовку поверхности по обычной заводской технологии по схеме: обезжиривание, промывка, травление, промывка, флюсование, сушка. Цинкование происходило в экспериментальной ванне оцинкования. Для исследования были выбраны два интервала температур: стандартные

температуры 450-470 °С и повышенные температуры 535-555 °С. Время выдержки составляло 40, 80 и 160 сек. Расплав цинка содержал добавку алюминия 0,002-0,005%.

Исследовалось поперечное сечение резьбовой части образцов. Толщина измерялась с помощью оптического микроскопа. На каждом из образцов были проведены замеры на вершинах, гранях и впадинах резьбы, по 10 замеров на каждом. Определение элементного состава покрытия по толщине проводилось на электронном растровом микроскопе TESCAN Vega SB с применением энергодисперсионного детектора INCAx-act.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследования на оптическом микроскопе при увеличении 200 крат показали, что толщина и микроструктура цинкового покрытия имеет большие различия в зависимости от режима цинкования. Для дефектного покрытия характерны наплывы на гранях и впадинах, большая раз-

нотолщинность. Качественное покрытие более однородно по толщине. Наплывы во впадинах резьбы отсутствуют (рис. 1).

Исследования показали, что в интервале стандартных температур 450-470 °С толщина покрытия на грани и вершине резьбы постоянна, а толщина покрытия во впадине уменьшается с повышением температуры. Время выдержки в расплаве не влияет на толщину покрытия на вершине и грани резьбы, и она не превышает 100 мкм. Толщина покрытия во впадине увеличивается с ростом времени выдержки. В связи с этим оптимальные технологические параметры выбирали, ориентируясь на минимальные значения толщины покрытия во впадине резьбы.

Результаты экспериментов представлены на диаграмме зависимости толщины покрытия на впадинах резьбы от времени выдержки и температуры расплава (рис. 2). Анализ результатов показал, что минимальная толщина покрытия (275 мкм) наблюдается при температуре 470 °С и выдержке 80 сек.

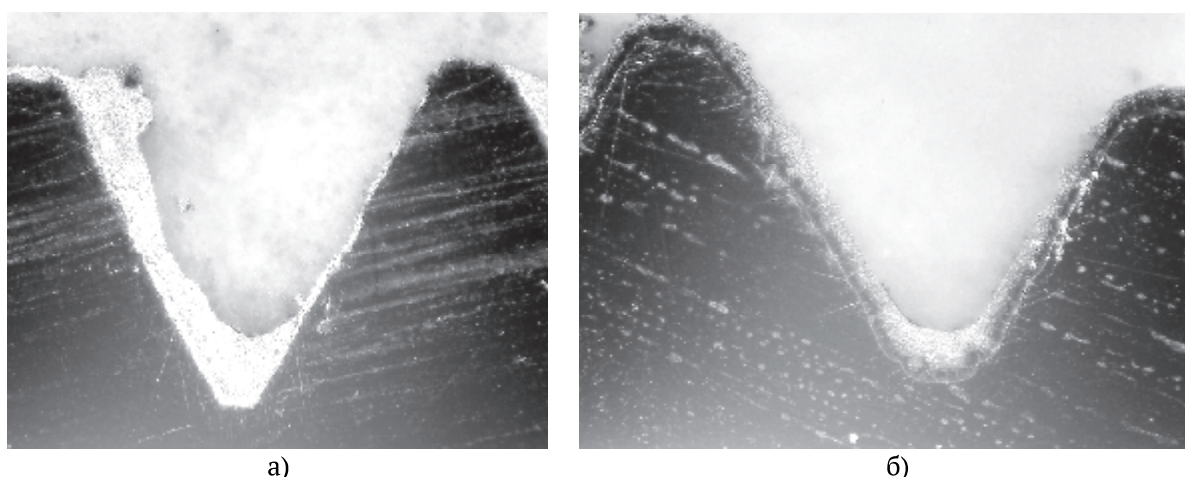


Рис. 1. а- дефектное покрытие; б- качественное покрытие

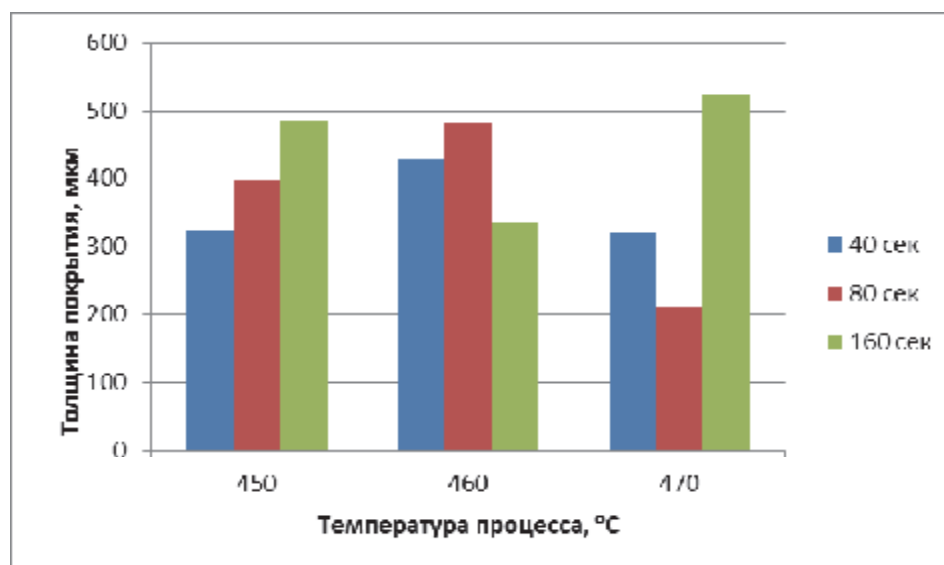


Рис. 2. Диаграмма зависимости толщины покрытия во впадинах резьбы от времени выдержки и температуры расплава в интервале стандартных температур 450-470 °С

Можно предположить, что при данных технологических параметрах достигается оптимальное значение жидкотекучести расплава, позволяющее хорошо удалить излишки цинка из резьбы при операции «вибровстряхивание».

Анализ микроструктуры цинкового покрытия на вершине, грани и впадине резьбы показал, что при температуре 470°C и времени 80 сек покрытие плотное, однородное, без пор и трещин. В покрытии наблюдаются все основные фазы, характерные для данной температуры цинкования: δ , ζ , η . Фаза δ имеет вид столбчатых кристаллов, фаза ζ имеет дендритное строение. Отдельные кристаллиты ζ -фазы выходят на поверхность покрытия (рис. 3). Данное строение является типичным для сталей с содержанием кремния 0,1%.

Тем не менее, полученная при данном режиме минимальная толщина покрытия во впадинах резьбы 275 мкм не обеспечивает удовлетворительную свинчиваемость крепежных изделий.

В интервале повышенных температур 535-555

°C толщина покрытия на грани и вершине резьбы постоянна, а толщина покрытия во впадине уменьшается с повышением температуры. Это объясняется изменением фазового состава покрытия – при температурах выше 530 С в покрытии отсутствует ζ -фаза. С увеличением времени выдержки толщина покрытия на вершине, грани и впадине резьбы растёт.

В данном интервале температур минимальная толщина покрытия во впадинах резьбы достигается при температуре 555 °C и времени выдержки 40 сек и составляет 120 мкм при минимальной разнотолщинности (рис. 4).

Исследования микроструктуры покрытия, полученного при температуре 555°C и времени выдержки 40 сек, покрытие плотное, однородное. В покрытии наблюдается δ -фаза и следующая за ней зона мелкодисперсной смеси фаз. Сколы и отслаивания покрытия отсутствуют (рис. 5).

Таким образом, анализ микроструктуры покрытия на резьбовой части крепежных изделий показал, что наиболее качественное цинковое

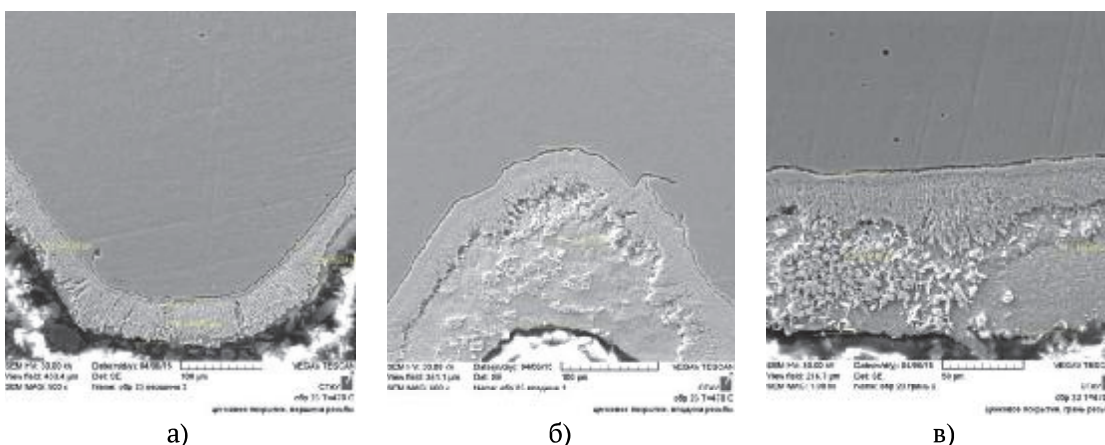


Рис. 3. Микроструктура цинкового покрытия при температуре 470°C, время выдержки 80 сек

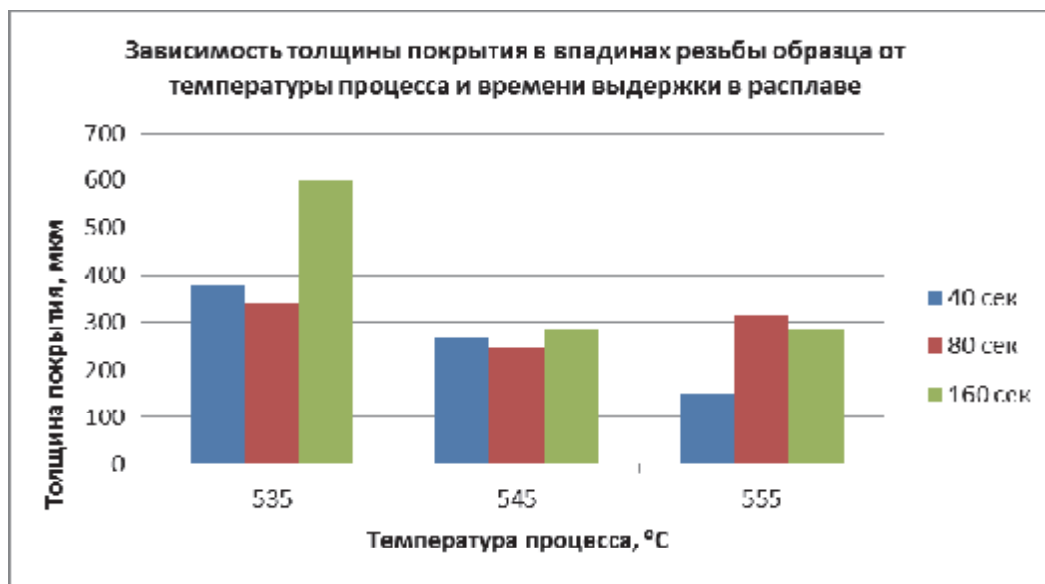


Рис. 4. Диаграмма зависимости толщины покрытия во впадинах резьбы от времени выдержки и температуры расплава в интервале повышенных температур 530-560 °C

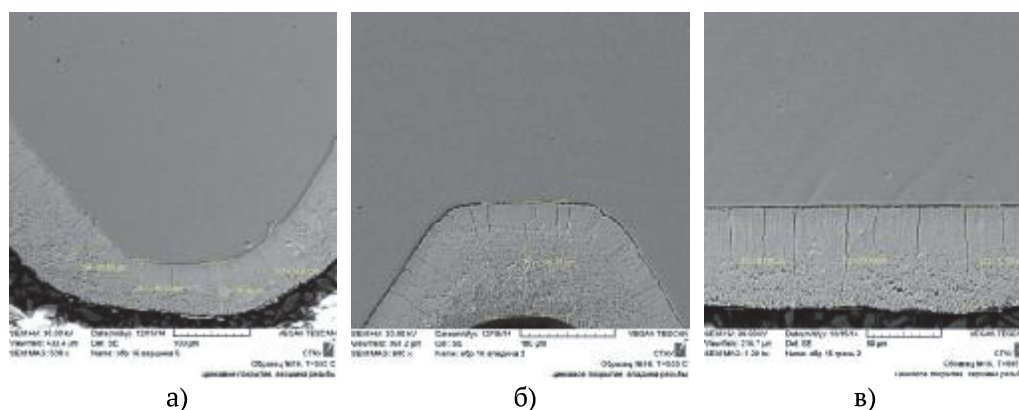


Рис. 5. Микроструктура цинкового покрытия при температуре 555 °С, время выдержки 40 сек

покрытие минимальной толщины формируется на стали СтЗпс при температуре цинкования 555 °С и времени выдержки 40 сек. Данные технологические параметры можно рекомендовать для корректировки производственного режима горячего цинкования метизов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лякишев Н.П.* Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник. М.: Машиностроение, 1997.
2. *Проскуркин Е.В.* Диффузионные цинковые покрытия : учеб. для вузов. М.: Metallurgiya, 1972. 248 с.
3. *Тарасова А.А.* Особенности цинкования кремнийсодержащих сталей. М.: Metallurgiya, 1984. 72 с.
4. *Bondareva O.S.* Study of the Temperature Effect on the Structure and Thickness of Hotdip Zinc Coatings on Fixing Products // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vol. 698. pp 355-359.
5. *Che C., Lu J., Kong G., Xu Q.* Role of silicon in steels on galvanized coatings // *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*. 2009 Vol. 22. pp 138-145.
6. *Tang N.Y.* Control of Silicon Reactivity in General Galvanizing // *Journal of Phase Equilibria and Diffusion*. 2008. Vol. 29. pp 337-344.

STUDY OF THE EFFECT OF HOT-DIP GALVANIZING TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE MICROSTRUCTURE AND THICKNESS OF COATING ON THE FASTENERS

© 2015 O.S. Bondareva, A.V. Fedorova

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov
(National Research University)

The temperature of the galvanizing and the holding time in the melt are the main technological parameters that affect on the thickness and the microstructure of the coating. The main requirement for the zinc coating on the threaded part of the fasteners is its minimum thickness. The research allowed us to determine the dependences between coating thickness on the brink, peaks and troughs of the thread and the melt temperature and holding time, and to develop recommendations for choosing the technological parameters for galvanizing this type of products.

Keywords: hot dip zinc plating, zinc coating, siliconcontaining steel, phase composition of the coating, micro-alloying zinc melt.

Olga Bondareva, Graduate Student of the Metal Technology and Aviation Materials Department.

E-mail: osbond@yandex.ru

Anastasiya Fedorova, Student. E-mail: nastena11.92@mail.ru