

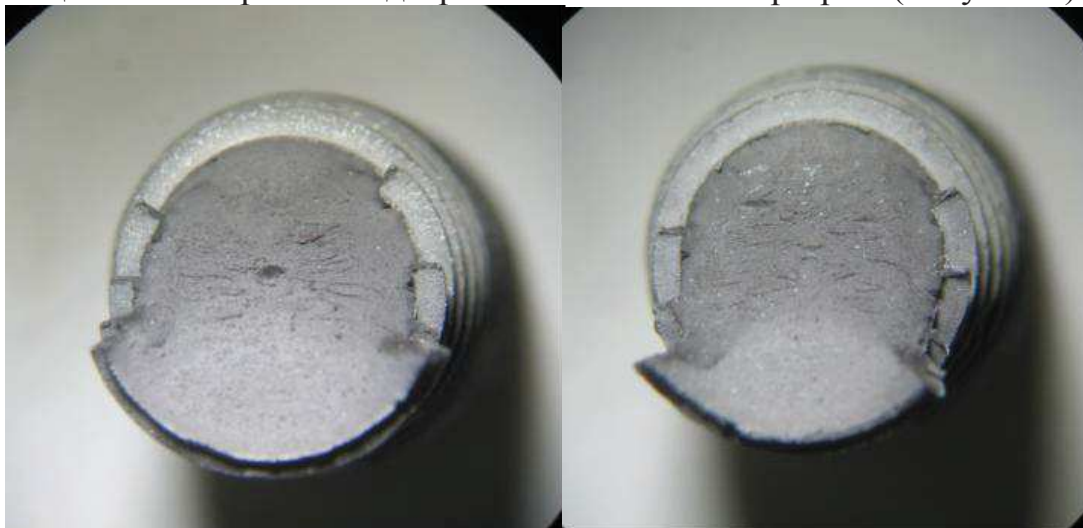
УДК 621.702

Гурченко П.С. д.т.н., Булойчик И.А. м.н.с. Ковшик И.А. маг.  
(БНТУ, г. Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИОННОГО ЦИНКОВАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ**

Способ термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах (ТДЦ) является актуальной альтернативой традиционным процессам антикоррозионной защиты на основе цинка за счет ряда специфических свойств формируемого на изделии защитного покрытия, а так же возможности совмещения с рядом операций термической обработки, что снижает затраты на дополнительную термическую и антикоррозионную обработку изделий из металла [1]. В связи с тем, что реализация технологий цинкования в цикле термического упрочнения детали может происходить в интервале температур от 350 до 700°C при использовании технологий ТДЦ для термически обработанных стальных деталей актуальным является вопрос сохранения эксплуатационных характеристик обрабатываемых изделий.

В этой связи были проведены исследования изменение прочности крепежа после окончательной термической обработки с последующим ТДЦ. Крепеж с классами прочности 5.8, 10.9 прошедший окончательную термическую обработку, оцинкованный способом ТДЦ, электролитическим цинкованием и без нанесения защитного покрытия подвергли испытаниям на разрыв (Рисунок 1).



**Рисунок 1 – Фрактография изломов крепежных элементов**

Результаты испытания на растяжение, представленные в таблице 3, не выявили изменения эксплуатационных характеристик

диффузионно оцинкованного крепежа классов прочности 5.8 и 10.9. Не смотря на то, что прочностные параметры образцов с классом прочности 5.8 не соответствуют указанным, фактическое значение временного сопротивления для данной группы образцов, оцинкованных способом ТДЦ сопоставимо с данными временного сопротивления для образцов без защитного покрытия. Данный факт свидетельствует об исключении влияния температур реализации процессов ТДЦ на эксплуатационные характеристики изделий. Следует отметить, что с повышением температуры диффузионного цинкования свыше 420°C вероятность разупрочнения термически обработанного крепежа возрастает. В таблице 2 приведены сравнительные данные механических характеристик высокопрочного крепежа после диффузионного цинкования и модельного отжига при 450 °С [2].

**Таблица 3 - Испытание высокопрочных болтов на растяжение**

№ п/п	Вид обработки болта	Класс прочности	Временное сопротивление $\sigma_b$ (Н/мм <sup>2</sup> )
1	Закалка 850 °С + отпуск 560 °С + ТДЦ (420 °С) (1)	10.9	1110
2	Закалка 850 °С + отпуск 560 °С + ТДЦ (420 °С) (2)	10.9	1090
3	Закалка 850 °С + отпуск 560 °С + гальваника (1)	10.9	1120
4	Закалка 850 °С + отпуск 560 °С + гальваника (2)	10.9	1090
5	Закалка 850 °С + отпуск 560 °С	10.9	1090
6	Закалка 850 °С + отпуск 560 °С + ТДЦ (420 °С)	10.9	1120
7	Холодная штамповка + ТДЦ (420 °С) (1)	5.8	415
8	Холодная штамповка + ТДЦ (420 °С) (2)	5.8	425
9	Холодная штамповка (1)	5.8	420
10	Холодная штамповка (2)	5.8	430

В ходе испытаний для образцов с различными классами прочности подверженных термодиффузионному цинкованию (450 °С, 1 ч) и отпуску (450 °С, 1 ч) наблюдали снижение значений предела прочности  $\sigma_b$  и условного предела текучести  $\sigma_{0,2}$ , что связано с активацией диффузионных процессов при дополнительном термическом воздействии и, как следствие, изменении структуры стали. Установлено, что для образцов с классами прочности вплоть до 8.8 снижение указанных характеристик не выходят за пределы

допустимых значений оговоренных соответствующей нормативно-технической документацией. Следует так же отметить, что при обработке деталей с различными габаритами и массой возможно изменение допустимого значения класса прочности изделия, подходящего для обработки способом термодиффузионного цинкования, что связано с изменением температурно-временных параметров процесса.

**Таблица 2 - Результаты испытания на растяжение [2]**

№	Наименование и обозначение изделия	$\sigma_B$ ,	$\sigma_{0,2}$ ,	$\delta$ ,
Испытуемый образец - Болт М5, класс прочности: 4.6				
1	В сост. поставки	418	245	20
2	После модельного отжига 450 <sup>0</sup> С, 1ч	397,5	200	20
Продолжение Таблицы 2				
3	Цинкованный 450 <sup>0</sup> С, 1ч	402,2	210	20
Испытуемый образец - Болт М5, класс прочности: 8.8				
4	В сост. поставки	830,1	643,3	11
5	После модельного отжига 450 <sup>0</sup> С, 1ч	770,3	503,3	11
6	Цинкованный 450 <sup>0</sup> С, 1ч	780,5	546,7	11
Испытуемый образец - Болт М8, класс прочности: 9.8				
7	В сост. поставки	960,4	730	10
8	После модельного отжига 450 <sup>0</sup> С, 1ч	892,4	610	10
9	Цинкованный 450 <sup>0</sup> С, 1ч	908,3	640	10

При реализации процессов ТДЦ в качестве заключительных операций антикоррозионной обработки изделий прошедших окончательную термическую обработку, следует учитывать возможное изменение прочностных характеристик изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Булойчик И.А. Термодиффузионное цинкование улучшаемых и пружинных сталей. Литье и металлургия / № 4, 2013 г. С. 121-125
2. В.М. Константинов, Булойчик И.А Особенности реализации процессов термодиффузионного цинкования при антикоррозионной защите термообработанных стальных изделий. 3-й Республиканский научно-технический семинар «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий»/ Минск. 2013, с 66-70.