

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тахман, С.И. Создание 3D модели процесса зубофрезерования/ С.И. Тахман, Л.В. Рохин, О.А. Тюкалов //Вестник КГУ: серия «Технические науки». – Курган: Изд-во КГУ, 2010. – №1(17). – С.118–120.
2. Тахман С.И. Теоретический расчёт графика изменения главной составляющей силы резания при зубофрезеровании/ С.И. Тахман, Л.В. Рохин, О.А. Тюкалов//Современные проблемы машиностроения: труды V Международной научно-технической конференции. –Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2010.–С.638-643.
3. Тахман С.И. Обобщённое описание зоны резания и исследование изменения главной составляющей силы резания при обработке прямозубых зубчатых колёс червячными фрезами/С.И. Тахман, О.А. Тюкалов//Инновационные технологии в автоматизированном машиностроении и арматуростроении: материалы Международной научно-технической конференции. – Курган: Изд-во КГУ, 2010.– С.152-157.
4. Розенберг Ю.А., Тахман С.И. Силы резания и методы их определения: учебное пособие.– Курган.: Изд-во КМИ, 1995.–Ч.1.–130с.
5. Зорев, Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов.– М.: МашГиз, 1956.– 368с.

□Авторы статьи:

<b>Тахман</b> Симон Иосифович, докт. техн. наук, проф. каф. "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" (Курганский государственный университет). Тел.: 8-(3522) 23-04-05	<b>Рохин</b> Леонид Владимирович, канд.техн.наук, доц. каф. "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" (Курганский государственный университет). Тел.: 8-(3522) 23-04-05	<b>Тюкалов</b> Олег Александрович аспирант каф. "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" (Курганский государственный университет) e-mail: <a href="mailto:oleg.384@mail.ru">oleg.384@mail.ru</a>
--	--	---

**УДК 621.01**

**Ю.Г. Гуревич, В.Е. Овсянников, В.А. Фролов**

### **К ВОПРОСУ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА**

В машиностроении для изготовления деталей машин очень часто используется феррито-перлитный серый чугун марок СЧ 15, СЧ 20. Однако, одним из факторов, который затрудняет более широкое его внедрение в промышленную практику, являются проблемы, возникающие при его упрочнении. Дело в том, что поверхностная закалка ТВЧ не применяется для серых чугунов из-за того, что процесс превращения феррита в аустенит является длительным, а объемная закалка обеспечивает только перлитные структуры. Традиционные методы диффузионного хромирования позволяют получить лишь небольшую глубину упрочненного слоя (0.010-0.040 мм) из-за образования карбидов.

Наиболее часто для упрочнения деталей из серого чугуна на сегодняшний день используются достаточно трудоемкие и весьма энергоемкие методы, такие как электролитическое хромирование и лазерная закалка [1,2], которые помимо всего прочего позволяют получить сравнительно небольшую толщину упрочненного слоя (до 0.25 мм).

Целью данной работы являлась разработка простой, надежной и экономически выгодной технологии поверхностного упрочнения деталей из феррито-перлитного серого чугуна, которая обеспечит износостойкость их поверхности на необходимую толщину при минимальном изменении исходной микроструктуры и макрографии.

Таблица 1. Оценка технического уровня метода диффузионного хромирования

№	Наименование показателя	Значение показателей			$q_i$	
		DP 055	YLR 3000	Дифф. хром		
1.	Производительность установки, шт/смену	3	3	4	1,3	1,3
2.	Толщина упрочненного слоя, мм	0,2	0,2	1,08	5,4	5,4
3.	Потребляемая мощность, кВт	50	20	10	5	2
4.	Относительная износостойкость упрочненного слоя	4	4	4	1	1
5.	Занимаемая площадь, $m^2$	3	5	3	1	1,6
6.	Стоимость установки, тыс. руб.	1020	2500	100	10	25

В работе рассматривалось диффузионное хромирование оксидом хрома  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Было сделано предположение, что поверхностной энергии основы серого чугуна хватит для диссоциации молекулы оксида хрома, атомы хрома и кислорода будут адсорбироваться, и диффундирующий внутрь атомарный кислород будет окислять элементы основы серого чугуна и устранять тем самым препятствия для диффузии хрома вглубь сплава. Эксперименты это убедительно подтвердили.

Для экспериментов диффузионного хромирования была выбрана цилиндрическая деталь в форме кольца из феррито-перлитного серого чугуна СЧ20. Деталь помещали в контейнер и нагревали в контакте с порошком хрома  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  при 1173-1373 К в печи с графитовым нагревателем в течении 2, 4 и 8 часов. После выдержки в печи деталь подвергали поверхностной закалке. При исследовании поверхностного диффузионного слоя: измерялась глубина упрочненной зоны; определялась твердость и микротвердость до и после закалки, а также определялась удельная работа абразивного износа.

Твердость диффузионного слоя после хромирования до закалки 30-40HRC (твердость увеличилась в 2-2.5 раза), после закалки и отпуска - 58-65HRC (твердость увеличилась в 3-3.5 раза по сравнению с исходной). На рис. 1 показано распределение микротвердости по толщине диффузионного слоя после хромирования и закалки по сравнению с лазерной закалкой [2].

Данное сравнение показывает, что предлагаемая сравнительно простая технология хромирования и поверхностной закалки феррито-перлитного серого чугуна обеспечивает микротвердость поверхностного слоя соизмеримую с лазерной закалкой высокопрочного чугуна ВЧ-40, но распределяется по толщине диффузионного слоя более равномерно и может обеспечивать глубину закаленного слоя почти в 2 раза большую, чем при обработке лазером. В отличие от лазерной обработки, микротвердость упрочненного диффузионного слоя по мере увеличения его глубины - воз-

растает. Кроме того, закалка лазером обеспечивает только закаленные дорожки на поверхности детали, в то время как диффузионное хромирование упрочняет всю поверхность детали.

В результате испытания образцов после диффузионного хромирования и закалки на абразивный износ, была получена удельная работа абразивного износа, соизмеримая с удельной работой абразивного износа высокохромистого чугуна и в 35-38 раз большей по сравнению с исходным серым чугуном СЧ20.

Эффективность разработанного метода диффузионного хромирования была оценена по коэффициентам технического уровня, которые определяются по «Временным методическим указаниям по оценке технического уровня и новизны научно-исследовательских и конструкторских работ». Оценка технического уровня производится по шести показателям:

- производительность процесса;
- толщина упрочненного слоя;
- потребляемая мощность;
- относительная износостойкость покрытия;
- площадь, занимаемая установкой;
- стоимость установки.

В ходе расчетов было проведено сравнение разработанной технологии с наиболее совершенным в техническом плане аналогом – лазерной закалкой. Процесс диффузионного хромирования производится в камерной печи, а для лазерной закалки рассмотрим два варианта – закалку при помощи промышленного твердотельного лазера DP 055 и промышленного волоконного лазера YLR-3000 как более совершенного в техническом плане. Оценка технического уровня приведена в табл. 1.

Коэффициенты технического уровня определяются следующим образом:

$$K_{TY} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n},$$

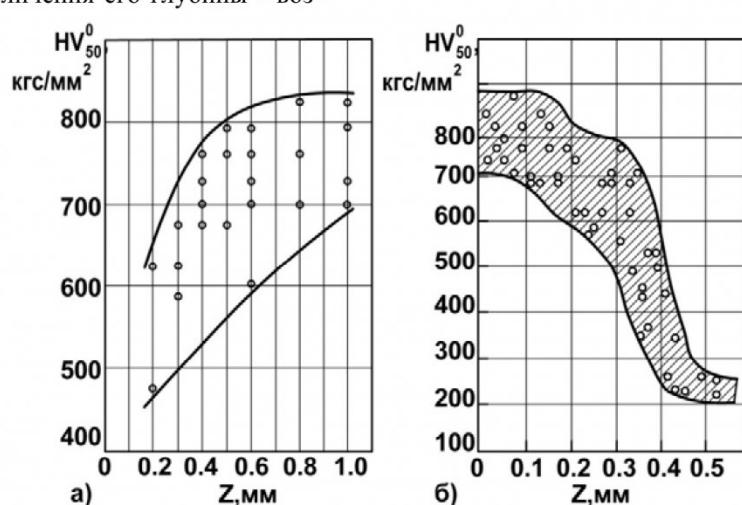


Рис. 1. Распределение микротвердости по толщине диффузионного слоя после закалки (а) в сравнении с закалкой лазером (б)

где  $n$  – количество сравниваемых показателей;

$q_i$  – соотношение показателей принятого и проектируемого процесса.

Для 1, 2 и 4 показателя:

$$q_i = \frac{P_{PR}}{P_{AH}}$$

Для 3, 5 и 6 показателя:

$$q_i = \frac{P_{AH}}{P_{PR}},$$

где  $P_{PR}, P_{AH}$  численные значения показателей аналога и проектируемого процесса.

Коэффициент технического уровня по совокупности показателей для аналога DP 055:

$$K_{TY1} = \frac{\sum q_i}{n} = \frac{1,3 + 5,4 + 5 + 1 + 1 + 10}{6} = 3,95$$

Коэффициент технического уровня по сово-

купности показателей для аналога YLR 3000:

$$K_{TY2} = \frac{\sum q_i}{n} = \frac{1,3 + 5,4 + 2 + 1 + 1,6 + 25}{6} = 6,1$$

Коэффициенты технического уровня метода диффузионного хромирования по сравнению с аналогами существенно больше единицы. Это говорит о том, что технический уровень разработанного процесса диффузионного упрочнения соответствует лучшим достижениям в области упрочнения поверхностей деталей из серого чугуна.

**Заключение:** Как видно из таблицы 1 разработанная технология позволяет снизить энергопотребление при упрочнении деталей из серого чугуна в 2-5 раз, при этом обеспечить глубину упрочненного слоя более чем в 5 раз большую, чем при обработке лазером и снизить капитальные затраты в 10-25 раз.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок. / В.Я. Панченко [и др.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 664 с.
2. Ковенский И.М. Металловедение покрытий. Учебник для вузов. / И.М. Ковенский, В.В. Поветкин. М.: Интермет Инжиниринг, 1999. -296с.
3. Гуревич Ю.Г. Поверхностное упрочнение деталей из серого чугуна / Ю.Г. Гуревич, В.В. Марфицын, В.А. Фролов // Упрочняющие технологии и покрытия. – М.: Машиностроение. – 2010. - №05. – с 41-45.
4. Гуревич Ю.Г. Поверхностное упрочнение деталей из феррито-перлитного серого чугуна диффузионным хромированием. / Ю.Г. Гуревич, В.А. Фролов, В.Е. Овсянников // Компьютерное моделирование физико-химических свойств стекол и расплавов: Труды X Российского семинара под общ. ред. Б.С.Воронцова. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – с 98-99.
5. Гуревич Ю.Г. Разработка инновационной технологии поверхностного упрочнения деталей из серого чугуна. / Ю.Г. Гуревич, В.А. Фролов, В.Е. Овсянников // Инновационные технологии в автоматизированном машиностроении и арматуростроении: Материалы международной научно-технической конференции. - Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – с 198-201.

□ Авторы статьи:

Гуревич  
Юрий Григорьевич,  
докт. техн. наук, проф каф. инновации и менеджмента качества  
(Курганский государственный университет), email: ygg@rambler.ru

Овсянников  
Виктор Евгеньевич,  
канд. техн. наук, старший препод.  
каф. «Автомобили» (Курганский государственный университет),  
email: panz12@rambler.ru, ,

Фролов  
Виктор Александрович, руководитель УВП.  
(Курганский государственный университет)