

УДК 669.715.621.43

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ПАО "БЕРИСЛАВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД"

Скобло Т.С., проф., д.т.н., Сидашенко А.И., проф., к.т.н.,
Марченко М.В., доцент, к.т.н., Ровный Е.В., аспирант
(Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П.Василенко)

В работе проведен анализ качества втулок цилиндров тепловозных двигателей производства ПАО "Бериславский машиностроительный завод" по основным показателям, которые предусмотрены ТУ.

Известно, что втулки цилиндров больших размеров, как правило, отливают центробежным методом. Это втулки судовых и тепловозных двигателей. Чаще всего их изготавливают из серых и высокопрочных чугунов.

Опыт работы с предприятиями выявил ряд недостатков. Они заключаются в следующем:

- неоднородности структуры, которая связана с распределением химических элементов (ликвацией);
- неоднородностью свойств по высоте отливки, определяющиеся конструкцией металлической изложницы (ее разнотолщиной) и температурными параметрами литья.

Целью работы является установить отклонения в структуре формируемого металла втулок цилиндров из высокопрочного чугуна в процессе кристаллизации и термообработки отливок.

В задачи исследования входило провести статистическую обработку проб отобранных от втулок цилиндров тепловозных двигателей, оценить структуру отклонения и уровень свойств отливок после литья термообработки и упрочнения.

Работа проведена в условиях ПАО "Бериславский машиностроительного завода и Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко.

Для определения качества втулок цилиндров были проведены статистические исследования проб, отработанных от верхней части втулок (кольца), на заводе - изготовителе. Втулки цилиндров на этом предприятии изготавливали из чугуна с шаровидным графитом методом центробежного литья с последующей термической и химико-термической обработкой (азотированием).

При сдаточных испытаниях на соответствие требованиям технических условий втулки должны проходить следующие этапы контроля:

- приемка отливок втулок цилиндров до термической обработки

(производится по химическому составу и структуре чугуна);

- приемка отливок после нормализации, отпуска и контроля по механическим свойствам и структуре чугуна, а после азотирования - по толщине упрочненного слоя, его твердости.

Химический состав определяется на отдельно отлитых пробах. Допускается определять химический состав чугуна на отливке - представителе от плавки. Структура чугуна отливок до термической обработки и после нее контролируется на образцах, изготовленных из контрольных колец вырезанных из отливок в соответствии с эскизом. При этом контроль осуществляется на одной отливке от плавки, а после термообработки - на каждой втулке.

Механические свойства чугуна после термообработки втулок производятся на одном образце, вырезанном из кольца каждой термообработанной втулки. При неудовлетворительных результатах проводится повторное испытание на 2-х образцах вырезанных из того же контрольного кольца. При неудовлетворительных результатах повторного испытания хотя бы одного из образцов втулки подвергают повторной термообработке. После повторной термообработки проверка структуры и испытания механических свойств производятся теми же методами и в том же объеме, что и при первом предъявлении. При неудовлетворительных результатах повторных испытаний после повторной термообработки, втулки бракуются. Общее количество повторных термообработок составляет не более трех. При этом контролируют толщину азотированного слоя, его твердость. Оценку хрупкости проводят на образцах, вырезанных из контрольных колец каждой втулки, и прошедших азотирование вместе с ними.

При оценке качества втулок учитывали требования, предъявляемые к ним. Структура металла не должна содержать карбидной фазы. Твердость готовых изделий должна соответствовать $HV \geq 460$ и до термической обработки находиться в пределах HB 228-285.

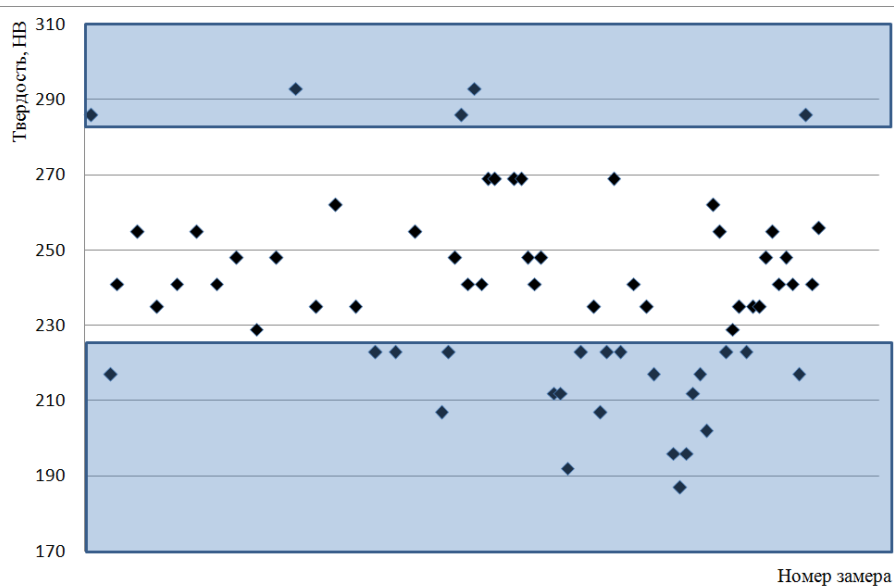
В работе проведен анализ качества, производимых втулок из высокопрочного чугуна на соответствие их требованиям ТУ и для разработки браковочных норм при проведении неразрушающего контроля их качества.

В исследованиях дополнительно оценивали:

- относительное удлинение;
- временное сопротивление на разрыв;
- определение химического состава в готовом изделии.

Замеры твердости производили в соответствии с ГОСТ 9012. В измерениях использовали шарик диаметром 10 мм при нагрузке 3 т. Статистическую обработку экспериментальных данных производили на выборке 48-77 втулках. Результаты замеров твердости приведены на рис.1.

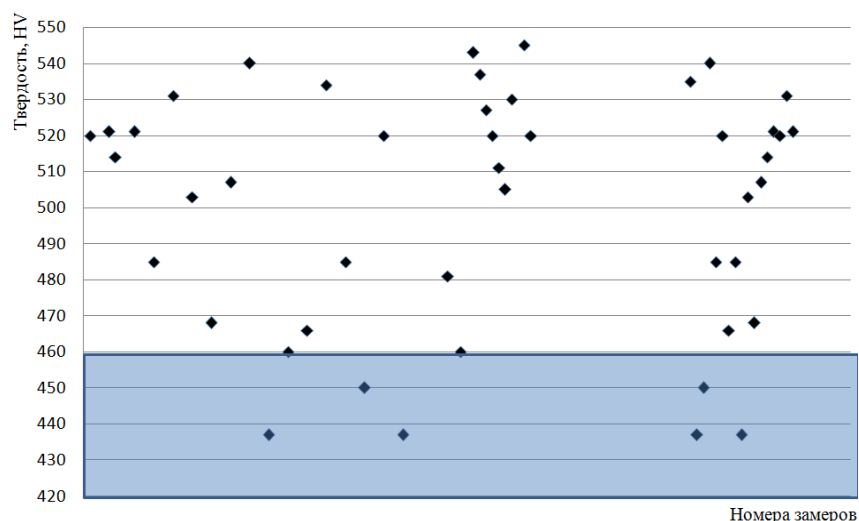
Из приведенных данных видно, что 50% производимых втулок не соответствует требованиям ТУ. При этом 13% имеют повышенную твердость, а 87% - пониженную. Разброс значений, соответствующий требованиям ТУ не превышает 35 ед. HB.



□ - значения твердости, не соответствующие требованиям ТУ

Рисунок 1 - Показания твердости по НВ во втулках до термообработки анализируемой выборки.

После проведения химико-термической обработки твердость анализировали по ГОСТ 2999. Использовали метод измерения твердости по Виккерсу. Настоящий стандарт устанавливает метод измерения твердости по Виккерсу черных и цветных металлов и сплавов при нагрузках от 9,807 Н (1 кгс) до 980,7 Н (100 кгс). На основании полученных данных была построена зависимость приведенная на рис. 2.



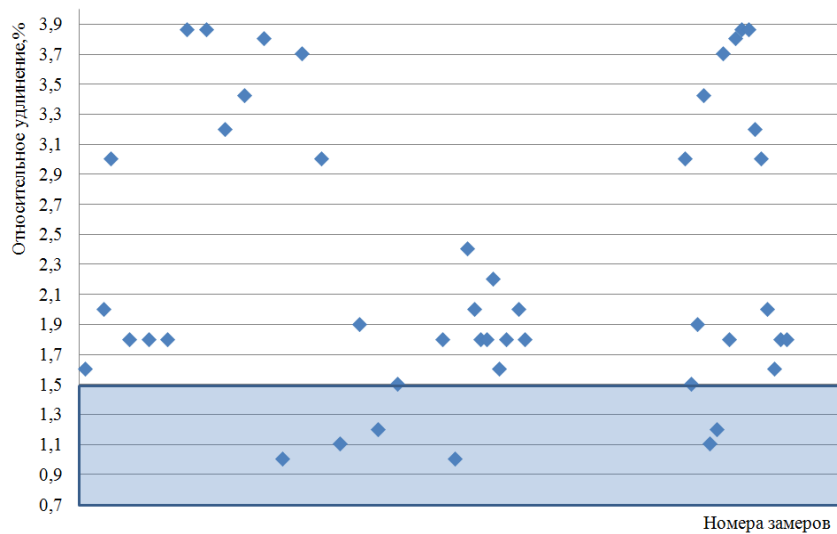
□ - значения твердости, не соответствующие требованиям ТУ

Рисунок 2 - Показания твердости по НВ во втулках после термообработки анализируемой выборки.

После термической обработки из всей выборки 17% втулок не соответствовали требованиям ТУ, при этом все они характеризовались твердостью ниже нижнего предела. Значения показаний твердости, соответствующие требованиям ТУ, находятся в широких пределах: от 460 до 545 НВ, что свидетельствует о существенной структурной неоднородности в анализируемых изделиях.

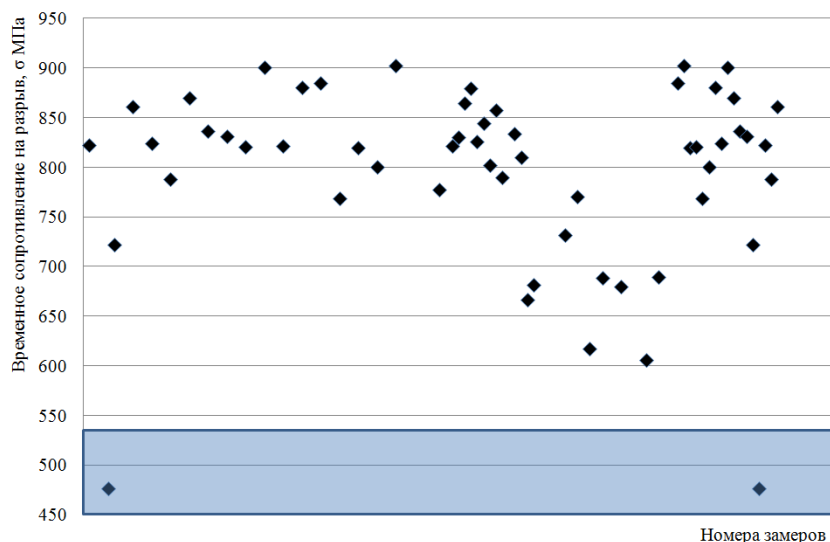
Испытание механических свойств чугуна на разрыв производится по ГОСТ 1497. Испытания производили при температуре 20°C.

Результаты испытаний образцов после термической обработки (нормализации при температуре 700-750 °С) приведены на рис. 3 и рис. 4.



□ - значения твердости, не соответствующие требованиям ТУ

Рисунок 3 - Показания относительного удлинения во втулках анализируемой выборки.



□ - значения твердости, не соответствующие требованиям ТУ

Рисунок 4 - Показания временного сопротивления во втулках анализируемой выборки.

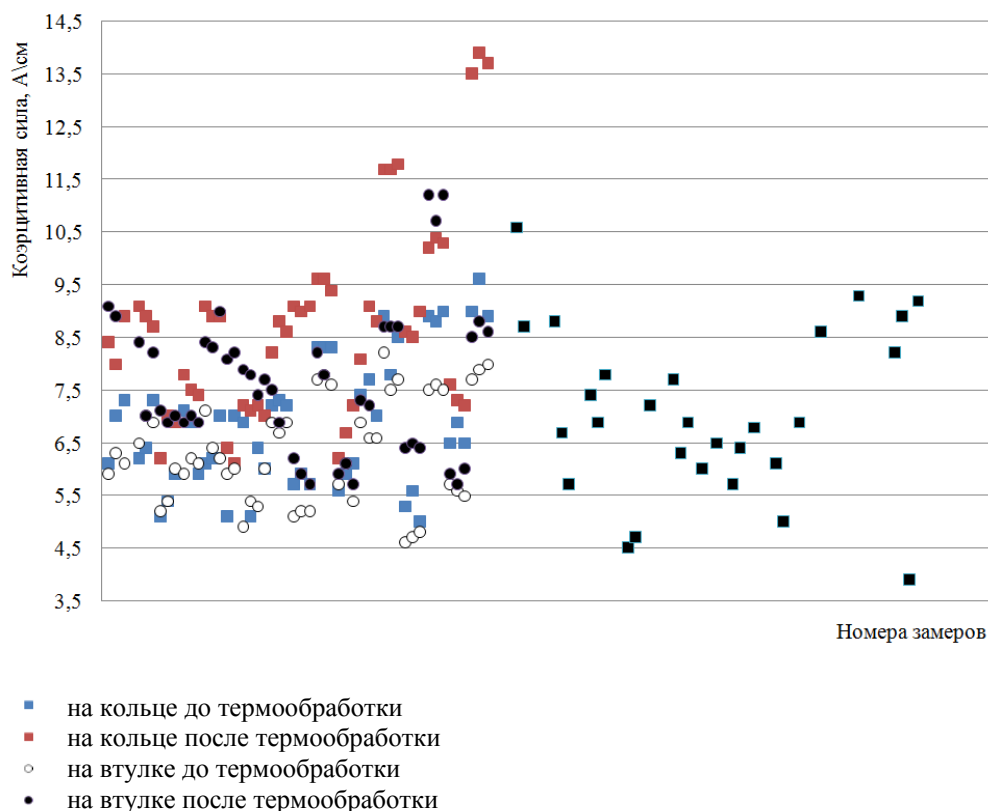


Рисунок 6 - Результаты определения коэрцитивной силы на втулках цилиндров.

Согласно полученным данным, наибольший разброс коэрцитивной силы характерен для литого металла втулок, оцененной на кольце (изменяется от 4,55 до 14,0 А/см). После термической обработки на таких же пробах показания коэрцитивной силы изменяются в более узких пределах (от 4,5 до 9,5 А/см). Измерения непосредственно на втулках выявили противоположную картину: до термической обработки они имеют значения $H_c = 4,5 - 8,5$ А/см, а после - 5,5 - 11,0 А/см. Наблюдаемое свидетельствует о том, что при термической обработке из-за неравномерного нагрева и охлаждения втулок при нормализации и отпуске имеет место создание напряжений и разброс показателей коэрцитивной силы возрастает.

Нестабильные показания, полученные по основным критериям определяющим качество втулок цилиндров, скорей всего связаны с неоднородным распределением химических элементов и в связи с этим неоднородностью формируемой структурой. С другой стороны существенный вклад в неоднородность свойств может внести неравномерный нагрев изложницы перед установкой в центробежную машину, а также нарушение параметров термической обработки.

Для подтверждения данной гипотезы был проведен химический анализ такого чугуна по ГОСТ 2604.1, ГОСТ 2604.2, ГОСТ 2604.3, ГОСТ 2604.4, ГОСТ 2604.5, ГОСТ 2604.6, ГОСТ 2604.8, ГОСТ 2604.9. Химический состав

определяли спектральным методом (кроме углерода фосфора в серы). И проанализировали структуру. Идентификацию структурных составляющих осуществляли методами оптической микроскопии (микроскоп МИМ - 8М).

Требованиями на производство втулок цилиндров оговаривается химический состав и структура которые должны находится в пределах указанных в табл. 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав втулок цилиндров, соответствующий требованиям ТУ.

Химический состав, %:										
	C	Si	P	S	Cr	Mn	Ni	Cu	Mo	Mg
Норма	3,4- 3,6	1,8- 2,3	<0,0 8	<0,01	<0,08	0,4- 0,7	<0,5	0,40- 0,60	0,25- 0,45	0,04- 0,08

Таблица 2 - Структура втулок цилиндров, соответствующая требованиям ТУ.

Структурные составляющие	Микроструктура до ТО:	Микроструктура после ТО:
Графит шаровидный	ШГф 3,4,5,	ШГф 3,4,5,
Перлит пластинчатый	ПТ1,	ПТ1,
Количество перлита	П(Ф0), П96, П92, П85, 30% сорбита	П(Ф0), П96, П92, П85, 30% сорбита
Фосфидная эвтектика	Фэр1, Фэп 2000,6000 Фэ1,2,3,4,5	Фэр1, Фэп 2000,6000 Фэ1,2,3,4,5
Цементит	Структурно-свободный цементит не допускается	Структурно-свободный цементит не допускается

При анализе химического состава было определено, что более 70% втулок цилиндров не соответствуют требованиям ТУ.

Исследованиями установлено, что при содержании $Si \geq 2,45\%$ наблюдается снижение твердости до 207-223 НВ и удлинения до 1,0%. При наличии меди ниже предела 0,4% и повышении содержания углерода наблюдается появление цементита, что не допускается по требованиям ТУ. При значениях твердости выше верхнего предела (285 НВ) по ТУ отмечается ликвация кремния в отдельных зернах до 2,5% и появление цементита Ц 2, ЦП 2000 (что также не допускается требованиями ТУ).

Существенное влияние на уровень твердости высокопрочного чугуна оказывают: химический состав, скорость кристаллизации отливки, формируемая структура и формирующиеся напряжения при термической обработке.

Оценивая структуру металла по сечению отливки, можно установить не только влияние его фазового состава, но и скорости кристаллизации заготовки (по графитовым включениям, размеру зерен продуктов распада аустенита) на уровень механических свойств. При этом рекомендуемое соотношение перлита и троостита, согласно техническим условиям, не оговариваются, а оно вносит существенный вклад в основную сдаточную характеристику втулок цилиндров - уровень твердости.

Анализом формируемой структуры во втулках цилиндров установлено, что в 27% от общей их выборки, кристаллизуется цементит (это не допускается требованиями ТУ). В 35% формируется сорбит. Как показали исследования, наличие цементита сохраняется и после термической обработки. Его наличие снижает предел прочности при растяжении (σ_B) до 476 МПа ниже требований и среднего уровня в 2 раза (802-864 МПа). Наличие цементита также приводит к разбросу твердости от 202 НВ до 286 НВ литой исходной заготовки.

Анотація

Аналіз якості втулок циліндрів тепловозних двигунів виробництва ПАТ "Бериславський машинобудівний завод"

Скобло Т.С., Сідашенко А.І., Марченко М.В., Рівний Є.В.

В роботі проведено аналіз якості втулок циліндрів тепловозних двигунів виробництва ПАТ "Бериславський машинобудівний завод" за основними показниками, які передбачені ТУ.

Abstract

Analysis of the quality of cylinder bushings diesel engine of production PJSC "Berislav machine-building plant"

Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Marchenko M.V., Rivniy E.V.

The paper analyzes the quality of the cylinder sleeves of diesel engines production PJSC "Berislav machine-building plant" on the basic parameters which are provided by TU.