

## КОНСТРУКЦИОННАЯ СТАЛЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, ЛЕГИРОВАННАЯ НИОБИЕМ

**Глушаков А.Н.**

*Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,  
Hlushakov.a.n@gmail.com*

Для металлургического и машиностроительного производства актуальной тематикой является создание и применение новых конструкционных сталей и методов их обработки для повышения эксплуатационных свойств и конкурентоспособности продукции в современных экономических условиях [1-5]. При производстве тракторов особое значение имеет использование экономно-легированных цементируемых сталей с повышенной контактной выносливостью для изготовления высоконапряженных деталей трансмиссии. Применение указанных сталей и режимов их объемного и поверхностного упрочнения позволит существенно снизить затраты на изготовление зубчатых колес и повысить их долговечность за счет оптимизации состава структуры и технологии изготовления [1-3].

В Физико-техническом институте НАН Беларуси выполнены работы научно-исследовательского и прикладного характера по созданию и применению новых сталей и технологий при изготовлении зубчатых колес коробки передач серийного трактора «Беларус 1221». Применение новой стали 20ХГНМБ позволяет заменить используемые на производстве стали для деталей трансмиссии. В рамках проведенной исследовательской работы установлено, что легирование конструкционной стали 20ХГНМ микродобавками карбидообразующих элементов значительно улучшает структуру и свойства зубчатых колес, что способствует увеличению их эксплуатационной стойкости и уменьшению затрат на изготовление. По результатам исследований разработана и защищена патентом Республики Беларусь новая сталь 20ХГНМБ легированная микродобавками ниобия.

ФТИ НАН Беларуси совместно с ОИМ НАН Беларуси разработаны технологическая инструкция и условия технологического регламента, на основании которых выплавлена опытно-промышленная партия стали 20ХГНМБ на электропечи ДСП-25Н2 в ЗАО «Волгоградский металлургический завод «Красный Октябрь». Готовый прокат был поставлен на Минский тракторный завод в количестве 22,6т с сертификатом качества. Механические свойства новой и серийной стали представлены в таблице 1.

Таблица 1 -Механические свойства новой и серийной стали

Сталь	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	Термообработка
20ХГНМБ	1270	1420	14,0	55,0	106	Закалка 860 °С, масло, отпуск 180 °С 2 часа, охлаждение воздух.
20ХГНМ ГОСТ 4543-71	930	1180-1570	7,0	-	59	

В рамках разработки и определения технологических режимов обработки зубчатых колес из новой стали была изготовлена опытная партия деталей в количестве 200 штук. В заводских условиях с использованием штатного оборудования были отработаны режимы предварительной термической обработки поковок зубчатых колес, цементации и механической обработки обеспечивающие получение в деталях оптимальной структуры и свойств, для повышения их долговечности.

После предварительной термической обработки поковки имели ферито-перлитную структуру с необходимой для механической обработки твердостью в пределах 180-210 НВ. Механическую обработку проводили по режимам, которые применяемым для изготовления зубчатых колес из серийных сталей 15ХГН2ТА, 25ХГТ и 20ХН3А. Снимки структур показаны на рисунке 1.

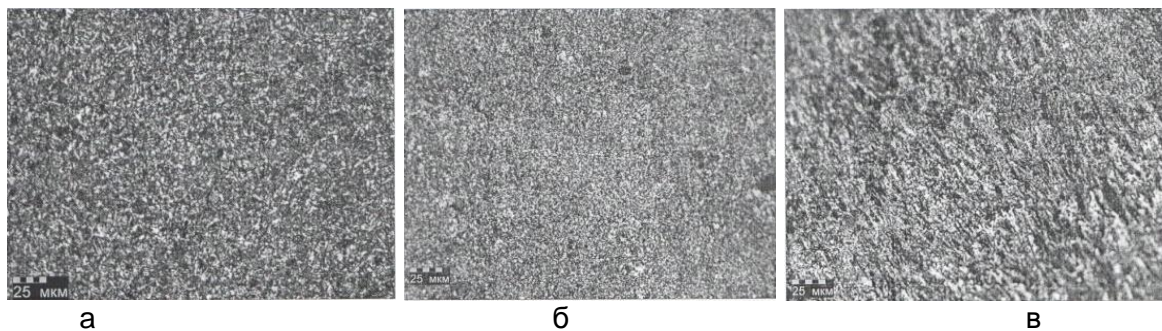


Рисунок 1 - Микроструктура образцов стали 20ХГНМБ опытно-промышленной плавки после нормализации с высоким отпуском (а), нормализации (б) и закалки (в)  $\times 500$

При исследовании цементируемого слоя зубчатых колес, полученных в вакуумных печах фирмы «ALD» по серийной технологии, выявлена необходимость корректировки параметров процесса для увеличения глубины слоя с требуемым распределением твердости. По результатам оптимизации режима насыщения слоя углеродом снижена температура насыщения с  $960^{\circ}\text{C}$  до  $930^{\circ}\text{C}$ , что позволило уменьшить коробление деталей.



Рисунок 2 – Шестерня опытно-промышленной стали после стендовых испытаний

Опытными шестернями (рисунок 2) были полностью укомплектованы 12 коробок передач трактора «Беларус 1221», одна из которых была повергнута стендовым испытаниям совместно с серийной коробкой передач. Сравнительные стендовые испытания показали преимущества в эксплуатационной стойкости зубчатых колес из стали 20ХГНМБ перед сталью 20ХНЗА.

По результатам исследований и испытаний изготовлены и поставлены на 180 серийных тракторов коробки передач, полностью укомплектованные зубчатыми колесами из новой стали. Подконтрольные трактора отправлены на испытания в хозяйства РБ и стран СНГ.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сусин А.А. Химико-термическое упрочнение высоконапряженных деталей. Мн.: Беларуская навука, 1999. С.175.
2. Дудецкая Л.Р., Ивашко В.С., Орлов Ю.Г., Куприянов И.Л. Механические испытания металлов и их неразъемных соединений.- Мн.: МИПК при БГПА, 2000.-100 с.
3. Руденко, С.П. Контактная усталость зубчатых колес трансмиссии энергонасыщенных машин / С.П. Руденко, А.Л. Валько. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 126с.