

© Ю.И. Липунов, Е.В. Некрасова, 2012 г.
ОАО «ВНИИМТ»
© Ю.Г. Ярошенко, М.В. Старцева, 2012 г.
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»
г. Екатеринбург
vniimt1@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАСОСНЫХ ШТАНГ ПРИ КОНТРОЛИРУЕМОМ ОХЛАЖДЕНИИ

В настоящее время единственным в России специализированным предприятием по производству насосных штанг является ОАО «Очёрский машиностроительный завод». Завод поставляет штанги потребителю без термообработки, т.к. получаемые свойства в горячекатаном состоянии удовлетворяют требуемым для стали 40Г2. В табл. 1 приведены механические свойства насосных штанг в горячекатаном состоянии и требуемые после отпуска при температуре 750 °С.

Таблица 1

Механические свойства насосных штанг марки 40Г2

Свойства	Предел текучести σ_t , кгс/мм ² , не менее	Предел прочности σ_b , кгс/мм ² , не менее	Относительное удлинение δ , %, не менее	Относительное сужение ψ , %, не менее	Твердость по Бринеллю, НВ, не менее
Горячекатаное состояние	45,3	75,5	22	59	241
После отпуска 750 °С (техническое соглашение ОАО «ОМЗ»)	42,2	63,2	21	56	240

Таким образом, в горячекатаном состоянии насосные штанги марочного состава 40Г2 имеют удовлетворительные механические свойства, соответствующие требованиям нормативных документов.

Для повышения рентабельности продукции и конкурентоспособности предприятия была поставлена инженерная задача получения прочностных свойств насосных штанг из стали 40Г2 на уровне механических свойств стали 40ХГМ. Использование штанг из марок стали с меньшим количеством легирующих элементов позволит снизить себе стоимость продукции. Эту задачу можно решить применением устройств контролируемого охлаждения для термообработки насосных штанг. В Центре новых систем охлаждения и термоупрочнения металлов ОАО

«ВНИИМТ» был проведён ряд полупромышленных экспериментов по термообработке насосных штанг способом контролируемого охлаждения. Важной исследовательской задачей являлось определение режимных и конструктивных параметров устройства для обеспечения замены более легированной марки стали 40 ХГМ на менее легированную 40Г2.

В результате термообработки насосной штанги марки 40Г2 в устройстве контролируемого охлаждения и последующего отпуска удалось получить уровень механических свойств штанги, близкий к марке 40 ХГМ. Требования к уровню свойств стали 40 ХГМ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Механические свойства стали марки 40ХГМ и 40Г2 после термообработки

Марка стали	Предел текучести σ_t , кгс/мм ² , не менее	Предел прочности σ_b , кгс/мм ² , не менее	Относительное удлинение δ , %, не менее	Относительное сужение ψ , %, не менее	Твердость по Бринеллю, НВ, не менее
40 ХГМ	73,5	94,9	10	45	260
40Г2	74,2	92,5	15,6	51,1	277

В процессе проведения опытов были получены экспериментальные данные по изменению температуры поверхности разных частей штанги во времени, которые позволили верифицировать расчетные значения температуры по математической модели, созданной во «ВНИИМТ». Также благодаря опытным данным были определены величины снимаемых тепловых потоков, установлены зависимости механических свойств от среднemasсовой температуры конца охлаждения и температуры отпуска после закалки в устройстве. Завершающим этапом экспериментов явилось исследование полученной структуры штанг и их свойств.

В результате обработки экспериментальных данных получены зависимости прочностных характеристик насосной штанги от температуры конца охлаждения и температуры отпуска.

На рис. 1 показана зависимость твердости штанги от температуры окончания охлаждения и закалки с последующим отпуском.

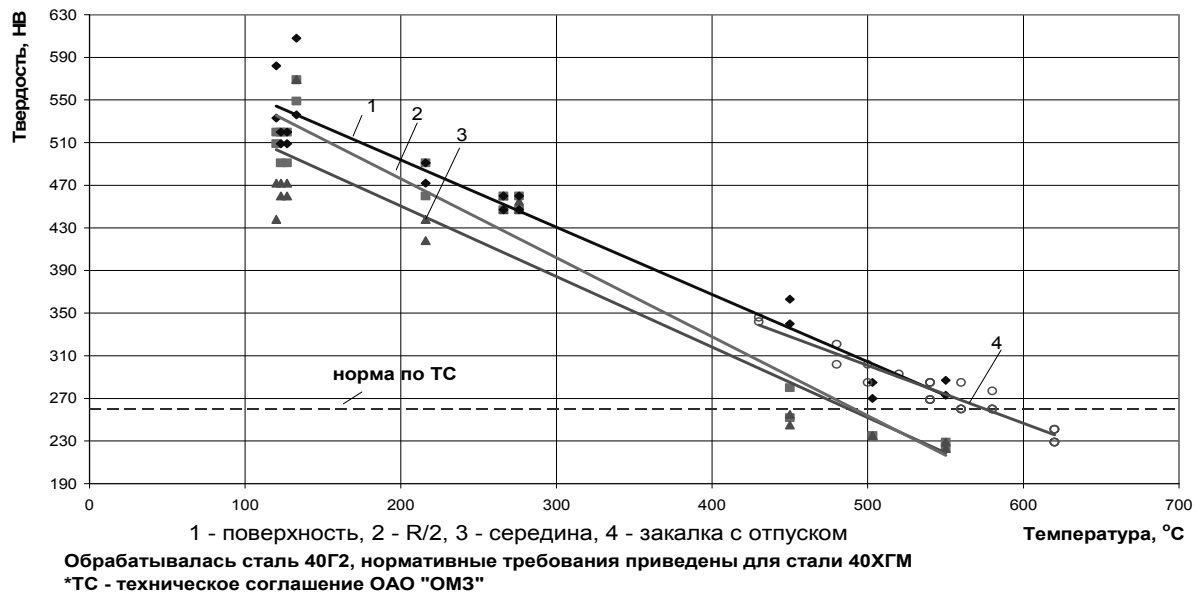


Рис. 1. Зависимость твердости насосной штанги от температуры окончания охлаждения и закалки с последующим отпуском

На рис. 2 и 3 приведены зависимости механических свойств от температуры отпуска после проведении закалки.

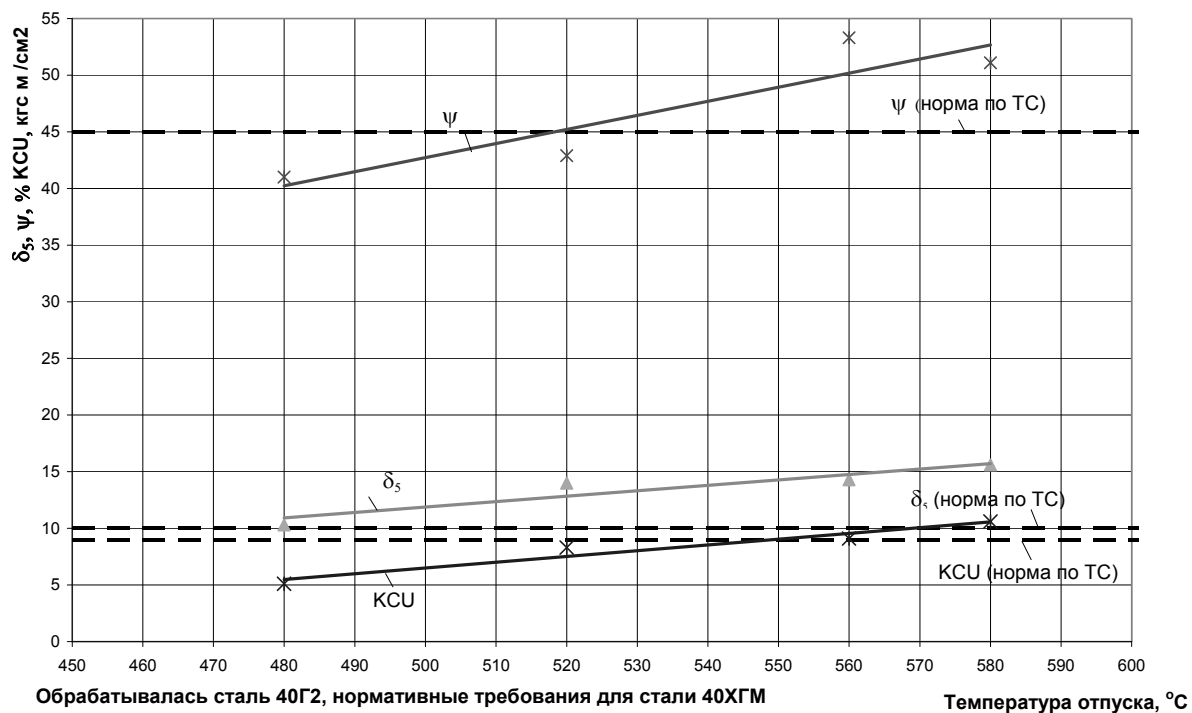


Рис. 2. Зависимость механических свойств закаленной насосной штанги от температуры отпуска

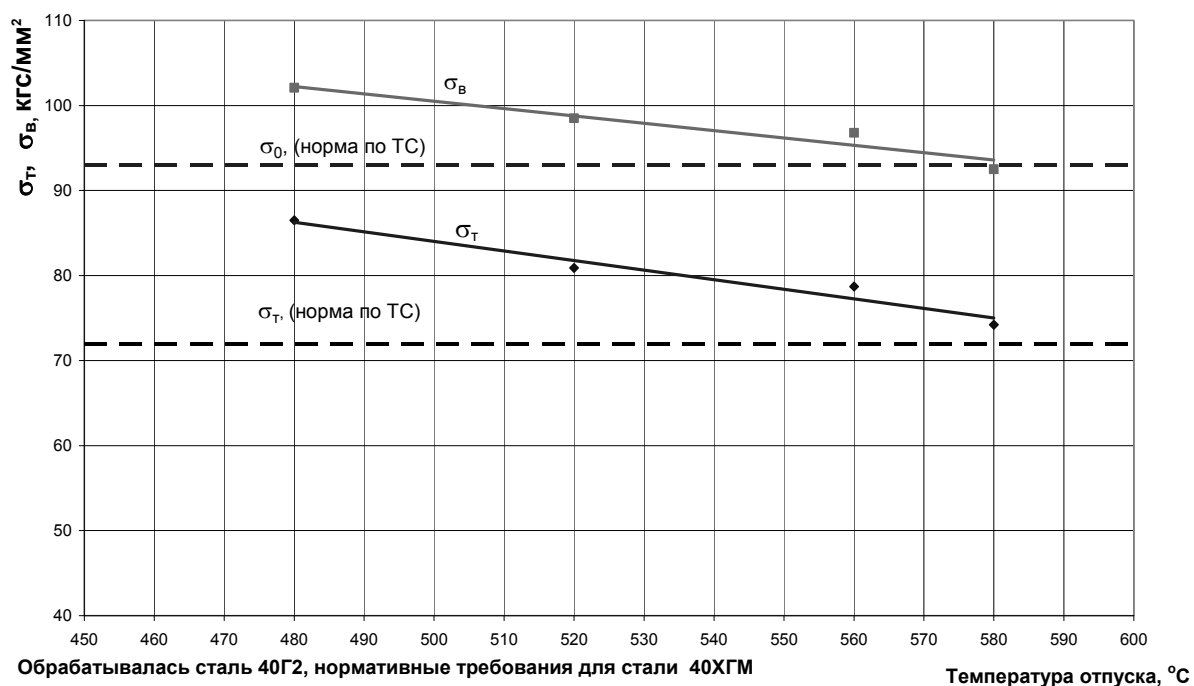


Рис. 3. Зависимость прочностных свойств закаленной насосной штанги от температуры отпуска

Рассмотрение всех зависимостей механических свойств от температуры отпуска и температуры окончания охлаждения (рис. 1, 2 и 3) позволяют определить оптимальные режимы охлаждения в устройстве и температуру отпуска. Таким образом, экспериментально были получены необходимые зависимости механических свойств и режимов, которые являются необходимыми для проектирования промышленного устройства.

Также было проведено исследование макро- и микроструктуры частей закаленных образцов. Получена равномерная структура среднеигльчатого мартенсита 6 балла, что соответствует требованиям ГОСТ 13877-96. Микроструктуры поверхности тела, сердцевины тела и поверхности головки штанги приведены на рисунке 4 *а*, *б* и *в* соответственно.

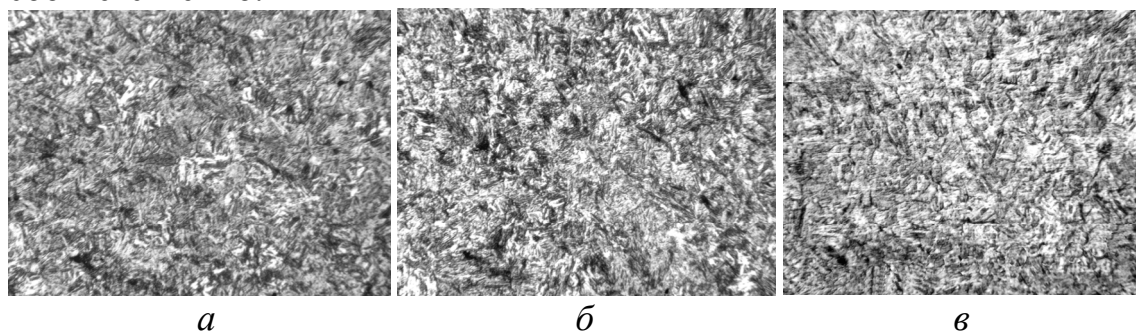


Рис. 4. Микроструктура поверхности тела (*а*), сердцевины тела (*б*) и поверхности головки штанги (*в*), увеличение в 500 раз.

Проведенные исследования структуры при закалке показали, что с помощью контролируемого охлаждения и последующего отпуска удалось получить механические свойства штанги из стали 40Г2 на уровне свойств стали 40 ХГМ. Результаты эксперимента позволили определить оптимальные параметры устройства охлаждения, а также режимы охлаждения. Получены данные, использование которых совместно с достоверной термокинетической диаграммой для данного сплава, дают возможность прогнозировать структуру и свойства, когда невозможен промышленный эксперимент.