

ной термообработкой. Оптимальной температурой закалки стали Р6М5Ф3-МП является температура 1220 °С. Твердость получилась на уровне 67 HRC.

Высокое качество термической обработки обеспечивается при нагреве инструментальных сталей в вакууме. Современные печи позволяют производить высококачественную термическую обработку различного инструмента из быстрорежущих сталей с высокой экономической эффективностью. Быстрорежущая сталь Р6М5Ф3-МП, термообработанная в вакууме, получила повышенную твердость (до 69 HRC).

Преимущества термической обработки быстрорежущих сталей в вакууме: чистота поверхности, снижение содержания газов, хорошая воспроизводимость результатов, меньшее коробление, повышенная стойкость режущего инструмента.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ВАЛА И ВТУЛКИ**

Новиков В.С., Никулов С.В.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
Муром, e-mail: novikov-rae2014@yandex.ru*

Важная роль в расчетах нагруженности подшипников скольжения отводится определению ширины

площадки контакта. Для её расчета обычно используют формулу Герца. В [1] предложена формула для определения ширины площадки контакта сопряжения вал-втулка с близкими радиусами. В данной работе проводилось экспериментальное определение ширины площадки контакта в сопряжении вал-втулка с близкими радиусами и сравнительная оценка достоверности предложенной формулы [1] и формулы Герца. Были изготовлены вал из стали 45 и две втулки из антифрикционных материалов: №1 – из бронзы БрОЦС 6-6-3, №2 – из цинкового сплава ЦАМ9-1,5. Диаметры вала и втулок: вал – 40 + 0,002 мм, втулка №1 – 40,12 мм, втулка №2 – 40,32 мм, что обеспечивает создание в сопряжениях относительных зазоров, соответствующих подшипникам скольжения. Длина втулок составляла 10 мм. Модули упругости при сжатии вала и втулок определялись экспериментально и составляли: для вала – 201030 МПа, для втулки №1- 84268 МПа, для втулки №2- 59123 МПа. Ширина площадки определялась по отпечатку вала на втулках с помощью мелкодисперсной краски. Результаты экспериментов показали достаточно точное соответствие ширины площадки контакта, рассчитанной по предложенной формуле, во всем диапазоне нагрузок (таблица). Результаты расчета по формуле Герца оказались отличающимися от экспериментальных.

Ширина площадки контакта (мм)

Нагрузка F, кг	200	500	1000	1500	2000
Эксперимент	14,50/11,33	18,25/14,0	20,3/15,5	23,16/18,5	24,5/20,8
По предложенной формуле	12,6/9,71	16,44/12,67	20,12/15,5	22,63/17,44	24,61/18,97
По формуле Герца	13,5/9,52	21,46/15,5	30,3/21,28	37,17/26,07	42,9/30,10

Числитель – БрОЦС6-6-3, знаменатель – ЦАМ 9-1,5

**Список литературы**

1. Зелинский В.В. Определение контактных параметров при внутреннем соприкосновении вала и втулки близких радиусов // Сборник трудов МИ ВлГУ. – Муром, 2005. – С. 86-89.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕНЗОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ**

Пшеничников Е.Е., Каманова Е.Н., Кабанов А.Е.

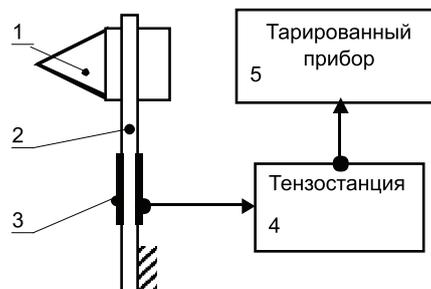
*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром,  
e-mail: pshenichnikov-rae2014@yandex.ru*

Для оценки шероховатости поверхности используются различные приборы, такие как профилометры, профилографы, микроскопы и др. Старые приборы достаточно громоздки, новые приборы значительно дороги. Основной недостаток таких приборов – это необходимость устанавливать измеряемую деталь или образец непосредственно на прибор. Кроме того, размеры образца тоже ограничены возможностями прибора. Для того чтобы провести эксперимент, необходимо снимать заготовку со станка, замерять, устанавливать, снова обрабатывать. Этот цикл повторяют многократно до завершения эксперимента.

Предлагаемый прибор устанавливается в суппорте токарного станка. Измерения осуществляются при продольном или горизонтальном перемещении суппорта непосредственно на рабочем месте на обрабатываемой детали.

Установка работает по следующему принципу. Индентор 1 (см. рисунок) установлен на упругой пластине 2, на которую наклеены тензодатчики 3. Сигнал с тензодатчиков усиливается тензостанцией 4 (типа

ТА-5) и фиксируется на приборе 5 (тарированный милливольтметр).



**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ ПРИ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКЕ**

Седов В.А., Серёгин А.А.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
Муром, e-mail: sedov-rae2014@yandex.ru*

В структуре закаленной стали имеется некоторое количество мягкого остаточного аустенита, что обусловлено ее химическим составом и режимом термообработки. В результате понижаются твердость, прочность, теплопроводность и магнитные свойства, возрастает вязкость стали. Для улучшения структуры закаленной стали, уменьшения в ее составе коли-

чества аустенита, повышения качества и прочности изделий наиболее рационально использовать криогенный метод. Обработка холодом проводится путем охлаждения стали до  $-40...-150^{\circ}\text{C}$ , затем обрабатываемый материал какое-то время находится в среде с данной температурой и затем медленно возвращается в среду с комнатной температурой. Медленное возвращение к комнатной температуре необходимо во избежание криогенного шока металла, что может вызвать трещины или разломы во внутренней молекулярной структуре. Криогенная обработка позволяет улучшить механические и режущие свойства инструментов, повысить их износостойкость и твердость. В качестве основного криореагента выступает твердый углекислый газ (сухой лед). По результатам практических исследований быстрорежущая сталь P18, обработанная при температуре «сухого льда» ( $-78^{\circ}\text{C}$ ), а затем отпущенная, приобретает более равномерную твердость, чем твердость сталей, охлажденных только в масле и отпущенных 3 раза при  $580^{\circ}\text{C}$ . Для резцов из стали P18, обрабатываемой при криотемпературах, рекомендуется двукратный отпуск при  $540^{\circ}\text{C}$  с выдержкой не менее 1 ч каждый. Стойкость инструментов, охлажденных ниже нуля, в 1,5-2 раза превышает стойкость серийных инструментов. Несомненным преимуществом криогенной обработки является отсутствие короблений. При обычной термообработке коробления происходят из-за неравномерного нагрева и охлаждения деталей, тогда как в процессе криообработки этот фактор полностью исключен. При испытании стали P18 было выявлено увеличение твердости до 65-67 HRC. Существует особенность, несколько снижающая эффективность данного метода: режущий инструмент используют в первые двое суток после обработки в среде «сухого льда». Дальнейшее использование инструмента возможно, но без существенного эффекта повышенной стойкости. При необходимости дальнейшего использования режущего инструмента с повышенной стойкостью его перезатачивают и снова подвергают ударному охлаждению в жидком азоте с использованием в первые двое суток.

#### О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Синёв А.Н., Яшин А.С.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный  
университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром,  
e-mail: sinyov-rae2014@yandex.ru*

Длительность обкатки составляет до 15 часов для тепловозных дизелей и до нескольких часов для судовых двигателей. В современных экономических условиях предприятия заинтересованы в сокращении длительности обкатки и снижении расходов на неё, которые до 95% связаны с затратами на топливо. Обоснованное сокращение обкатки двигателей внутреннего сгорания затруднено из-за недостаточной изученности процесса приработки.

Наиболее нагруженными и ответственными трибосопряжениями двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются подшипники скольжения коленчатого вала. Анализ теплового режима при обкатке тепловозных и тракторных ДВС позволил установить, что температура в подшипниках при обкатке под нагрузкой изменяется в среднем от  $70$  до  $100^{\circ}\text{C}$ . Использование известных температурно-вязкостных зависимостей для применяемых масел позволили на

основе гидродинамической теории установить динамику изменения толщины масляного слоя  $h$  в шатунных подшипниках при обкатке дизелей М753 и ЯМЗ-238 мощностью 551,5 и 176,5 кВт соответственно с продолжительностью обкатки 4,75 и 1,5 часа. Анализ изменения  $h$  с учётом допускаемой высоты микронеровностей поверхностей трения (6,3 мкм) и допуска на монтажные перекосы и деформации (1,8 мкм) показал, что применяемые технологии нагружения не обеспечивают достаточного сближения (менее 8,1 мкм) трущихся поверхностей в подшипниках скольжения, то есть поверхности разделены гидродинамическим масляным слоем и их приработка не происходит. Эти выводы подтверждаются результатами спектрального анализа проб масла, взятого по ходу обкатки тепловозных дизелей.

Таким образом, представленные результаты показывают, что сокращение периода обкатки с повышением её качества для многих типов ДВС не реализовано. Экономическая эффективность технологии обкатки может быть значительно повышена путем применения новых подходов в её разработке, базирующихся на трибологических закономерностях процесса приработки материалов узлов трения.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ УПРОЧНЕННЫХ СТАТИКО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Стаценко А.С., Пархачёв А.Н.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный  
университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром,  
e-mail: alena1994.a@ya.ru*

Эксплуатационные характеристики деталей из стали 110Г13Л определяются физико-математическими свойствами и состоянием упрочненного слоя, которые обусловлены высоким качеством стали, в первую очередь – характеристиками прочности и пластичности. Зная степень упрочнения поверхности высокомарганцовистой стали (ВМС) в данных условиях работы, можно оценить работоспособность деталей с различными исходными свойствами и использовать сталь 110Г13Л наиболее эффективно.

В производственных условиях образцы из ВМС, упрочненные статико-импульсной обработкой (СИО) при различных режимах, подвергались испытаниям на механические свойства: прочность ( $\sigma_B$ ), предел текучести ( $\sigma_T$ ), относительное удлинение ( $\delta$ ) и сужение ( $\psi$ ), а также ударную вязкость (КСУ).

Рассмотрим динамику механических характеристик образцов из стали 110Г13Л, упрочненных СИО в различных режимах. При изменении усилия статического воздействия в ходе СИО образцов из ВМС наблюдается различная степень деформации, а в плане микроструктурных изменений отмечается изменение размера зерна аустенита. Результаты лабораторных измерений представлены в таблице 1.

Одним из важных показателей, характеризующих качество ВМС, является ударная вязкость. Образцы для исследования на ударную вязкость изготавливали из стали 110Г13Л, упрочненной СИО и термообработанной. Испытания проводили по общепринятой методике согласно ГОСТ 7370-76. На рис. 1 представлены зависимости ударной вязкости от различного содержания углерода в образцах из стали 110Г13Л, термообработанных и упрочненных СИО. Каждое числовое значение ударной вязкости получено как среднее при испытании пяти образцов.