

чества аустенита, повышения качества и прочности изделий наиболее рационально использовать криогенный метод. Обработка холодом проводится путем охлаждения стали до $-40\ldots-150^{\circ}\text{C}$, 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°C), а затем отпущенная, приобретает более равномерную твердость, чем твердость сталей, охлажденных только в масле и отпущенных 3 раза при 580°C . Для резцов из стали P18, обрабатываемой при криотемпературах, рекомендуется двукратный отпуск при 540°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°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 (σ_r), предел текучести (σ_t), относительное удлинение (δ) и сужение (ψ), а также ударную вязкость (КCU).

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.

Таблица 1

№ образца	Энергия удара Е, Дж	Размер зерна аустенита, мм	Механические характеристики образца				
			σ_a	σ_t	δ	γ	KCU
			МПа	МПа	%	%	МДж/м ²
1	6	0,450	720	380	14,3	17,2	1,84
2	12	0,125	830	520	16,4	19,6	2,03
3	18	0,087	960	680	18,2	22,3	2,15
4	24	0,062	1150	830	20,5	25,4	2,27

Степень деформации прямо пропорциональна усилию СИО, поэтому можно проследить зависимость характеристик прочности от указанных выше величин.

Исследуя полученные результаты по механическим характеристикам образцов, упрочненных СИО, сравним их с данными для образцов, упрочненных взрывом, на примере графиков изменения относительного удлинения от твердости по сечению образ-

цов (рис. 1). Как видно из полученных зависимостей, статико-импульсное упрочнение наиболее эффективно и по характеристикам пластичности в сравнении с другими способами упрочнения.

В результате лабораторных исследований установлено, что с увеличением степени деформации механические характеристики стали 110Г13Л улучшаются (табл. 2).

Таблица 2

Механические характеристики	Термообработанные образцы из ВМС	Образцы ВМС упрочненные СИО
Предел прочности σ_a , МПа	620...850	950...1130
Предел текучести σ_t , МПа	300...340	400...450
Относительное удлинение δ , %	15...35	20...40
Относительное сужение γ , %	15...25	20...30
Ударная вязкость KCU, Мдж/м ²	1,6...1,8	2,0...2,4
Твердость, НВ	180...225	560...620

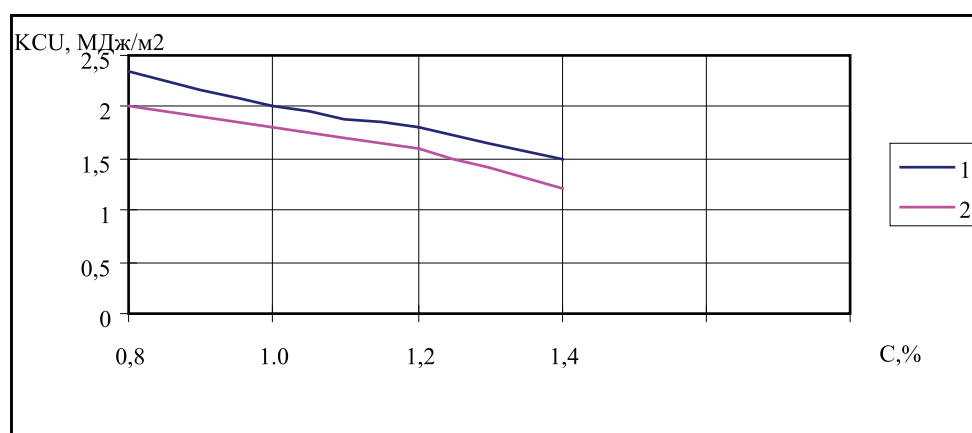


Рис. 1. Зависимость ударной вязкости (KCU) от содержания углерода (C): 1 – для образцов из ВМС, упрочненных СИО; 2 – для термообработанных образцов

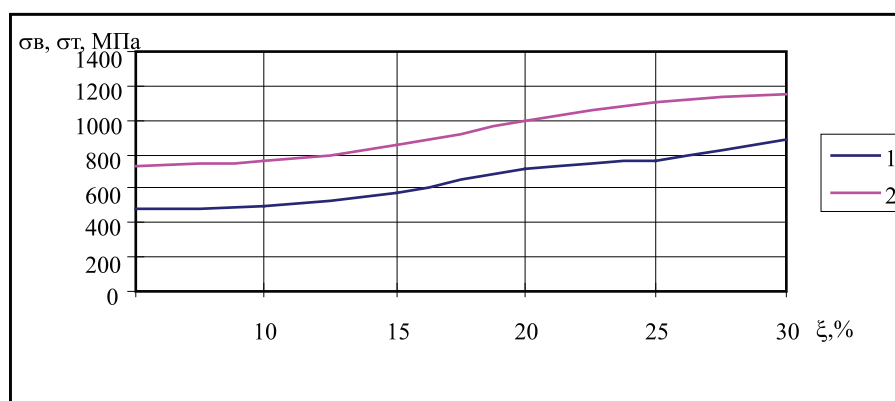


Рис. 2. Зависимость предела прочности (σ_b) и предела текучести (σ_t) от степени деформации образцов из ВМС, упрочненных СИО

Таким образом, установлено, что у образцов из стали ВМС 110Г13Л, упрочненных СИО, характеристики прочности увеличились в 1,8...2 раза, показатели пластичности – на 25...30% по сравнению с термообработанными образцами.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРОЧНЕНИЯ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Тетерин А.В., Дашков И.С.

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

Упрочнение поверхностно-пластической деформацией (ППД) обусловлено разнообразными по физической природе явлениями, которые определяются условиями нагружения детали и оцениваются следующими параметрами: степенью и глубиной упрочнения, микроструктурой, твердостью, пределом усталости и временным сопротивлением, ударной вязкостью и т.д. Увеличение прочности металла связано с формируемой дислокационной структурой. Характер этой структуры зависит от типа кристаллической решетки, степени упрочнения (пластической деформации) и температуры деформирования. Энергия при статико-импульсном взаимодействии поглощается металлом, часть которой проявляется в форме деформационного упрочнения. Последнее представляет собой сопротивление металла его дальнейшему деформированию. Количественно его определяем измерением твердости при внедрении. Наиболее интенсивное упрочнение достигается на ранних стадиях деформации. Как и можно было ожидать, максимальное возрастание твердости достигается там, где деформа-

ция была наибольшей. Распределение твердости от поверхности по глубине для упрочнения статико-импульсной обработкой (СИО) образцов из высокомарганцовистой стали (ВМС) характеризуется достаточно равномерным убыванием. Это связано с течением зерен, которое сочетается с двойникованием, весьма интенсивным у поверхности и затухающим на некотором расстоянии от поверхности. Металлографические исследования образцов, упрочненных СИО, показали наличие площадок постоянной твердости, которые связаны определенным образом с распределением ударных двойников. Обнаружена зависимость между максимальным числом направлений двойников в отдельном зерне и положением площадки твердости. Число направлений уменьшается при переходе на каждую следующую площадку. Так, металлографические исследования показали, что наибольшее число направлений двойников в отдельном зерне в области первой площадки оказалась равным четырем. Во второй площадке наибольшее число направлений двойников равно трем; для третьей и четвертой число направлений двойников в соответственно два и одно. В области пятой площадки, где твердость по существу та же, что и в исходном материале, двойников не обнаружено совсем.

Для характеристики зависимости числа двойников от твердости при распределении по глубине упрочненного образца из стали 110Г13Л рассмотрим следующую зависимость:

$$D = (2 + K_d) \frac{\Delta p}{N}, \quad (1)$$

где D – число двойников; K_d – коэффициент, характеризующий количественную однородность двойников (определяется по таблице); Δh – расстояние по глубине образца; N – номер площадки твердости.

Номер площадки твердости N	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент однородности двойников K_d	0	1	1	0	1	1	0	1

Из расчетов следует, что для неупрочненной поверхности металла характерно число двойников, равное 1, или их отсутствие. Таким образом, о степени упрочнения можно судить по числу двойников в микроструктуре металла. Упрочнение металла статико-импульсной обработкой связано со структурной перестройкой межзеренного пространства.

Для количественной характеристики микроструктурных изменений, происходящих в металле при СИО, введем коэффициент интенсивности упрочнения:

$$K_{\text{эф}} = \frac{d_m}{E}, \quad (2)$$

где E – энергия при СИО; d_m – средний диаметр зерна.

Коэффициент эффективности показывает распределение количества энергии, приходящееся на единицу длины (средний диаметр зерна). Чем меньше его значение, тем эффективнее процесс упрочнения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ТРЕНИЕ И ИЗНАШИВАНИЕ

Турусова А.И., Большаков И.М.

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

В настоящее время является актуальным опытное изучение явлений, происходящих в зоне контакта тру-

щихся поверхностей в зависимости от типа применяемых материалов и характера изменения внешних воздействий. В данной работе задача исследования решалась с помощью специальной экспериментальной установки, включающей модернизированную машину трения и комплекс контрольно-измерительной аппаратуры. Установка предусматривает проведение испытаний по схеме «ролик-колодка» с применением колодок из исследуемых материалов и стальных роликов в качестве контртел.

Привод вращения ролика осуществляется от двигателя постоянного тока мощностью 0,5 кВт. Применение двигателя постоянного тока обеспечивает возможность бесступенчатого регулирования частоты вращения рабочего вала и соответственно скорости скольжения в диапазоне от 0,5 до 2,0 м/с. Контроль скорости скольжения осуществляется вольтметром постоянного тока с помощью тахогенератора, связанного с валом электродвигателя. Смазывание трущихся образцов осуществляется по циркуляционной схеме дизельным маслом М10Г.

Конструкция узла трения испытательного стенда позволяет задавать постоянную радиальную нагрузку на неподвижный образец в пределах от 0 до 500 кг (4900 Н). Нагружение осуществляется путем сжатия силовой пружины нагрузочным винтом. Сила трения измеряется по реактивному моменту привода вращения ролика с автоматической записью на потенциометре КСП-2. Температура в зоне трения измеряется