

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ В ПРОЦЕССЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Л.И. Путятина, доцент, к.т.н.,
Л.А. Тимофеева, профессор, д.т.н., УкрГАЗТ,
Н.А. Лалазарова, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Разработан способ комплексной механической обработки деталей из высокопрочного чугуна инструментом из твердого сплава и СТМ.

Ключевые слова: высокопрочный чугун, комплексная механическая обработка, лезвийно-упрочняющая обработка, белый слой, гексанит-Р, шероховатость поверхности, алмазное выглаживание.

Введение

Значительного улучшения качества машин, повышения их долговечности и большой экономии металла в машиностроении можно достичь применением высококачественных, высокопрочных конструкционных материалов, а также внедрением в производство прогрессивной технологии их механической обработки и поверхностного упрочнения.

В настоящее время все более широкое применение в машиностроении (в т.ч. на железнодорожном транспорте) находит высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ). Благодаря своим физико-механическим и литейным свойствам он с успехом может использоваться вместо дорогого стального проката, серого и ковкого чугунов [1, 2].

Требования к ВЧШГ как к конструкционному материалу непрерывно возрастают по мере увеличения нагрузок на детали в машинах и узлах. Поэтому на современном этапе актуальной является проблема создания эффективных методов окончательной механической обработки и поверхностного упрочнения с целью обеспечения необходимых эксплуатационных свойств поверхностного слоя чугунных деталей (износостойкость, контактная жесткость, усталостная прочность и т.д.), в т.ч. с использованием инструмента из синтетических сверхтвердых материалов на основе нитрида бора.

Анализ публикаций

Анализ публикаций показал, что работ, в которых комплексно рассматриваются вопросы обработки

резанием и поверхностного упрочнения высокопрочного чугуна, а также работоспособности инструмента в зависимости от структуры и свойств чугуна, практически нет, что и сдерживает широкое внедрение этого перспективного конструкционного материала в производство.

Предлагаемый способ комплексной механической обработки деталей из высокопрочного чугуна инструментом из твердого сплава и СТМ позволяет усовершенствовать процесс чистовой механо-обработки и поверхностного упрочнения чугунных деталей.

Такая технология является ресурсосберегающей и экологически чистой, позволяющая во многих случаях заменить традиционную поверхностную термическую (закалка ТВЧ) и химико-термическую обработку (азотирование, карбонитрирование) высокопрочного чугуна, в процессе которых используются токсичные для человека среды, а также исключить из технологического цикла малоэффективные операции абразивного шлифования.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является определение закономерностей формирования физико-механического состояния поверхностного слоя в процессе комплексной механической обработки высокопрочного чугуна с учетом особенностей его структуры и свойств и на этой основе – совершенствование технологии финишных методов обработки и поверхностного упрочнения чугунных деталей.

Формирование поверхностного слоя в процессе комплексной механической обработки деталей из высокопрочного чугуна

Разработанная технология комплексной механической обработки деталей из высокопрочного чугуна состоит из двух этапов: лезвийно-упрочняющей обработки и последующего алмазного выглаживания. Суть лезвийно-упрочняющей обработки состоит в образовании в процессе резания (при точении) такого теплонапряженного состояния, которое вызывает в поверхностном слое детали структурные превращения (вторичную закалку) с получением упрочненного (белого) слоя. Таким образом обеспечивается проведение чистовой механообработки со снятием припуска и одновременным упрочнением поверхностного слоя изделия. Такой метод сопровождается значительными удельными давлениями и температурами в зоне обработки, которые определяются, в свою очередь, физико-механическими свойствами инструментального и обрабатываемого материала, геометрическими параметрами инструмента и режимами обработки [3].

Последующее алмазное выглаживание (АВ) широко используется для повышения эксплуатационных свойств деталей машин и приборов. Оно осуществляется скользящим по поверхности детали инструментом с рабочей частью в виде выпуклой криволинейной поверхности. В результате сминания микронеровностей резко снижается шероховатость поверхности и упрочняется поверхностный слой металла. В сравнении с другими видами ППД алмазное выглаживание имеет существенные преимущества, которые обусловлены физико-механическими свойствами алмаза. Этот процесс отличается высокой производительностью и стойкостью инструмента-выглаживателя (индентора) [4–6].

Во время экспериментальных работ проводилось исследование влияния исходной металлической матрицы на шероховатость и упрочнение поверхностного слоя образцов из высокопрочного чугуна в различном структурном состоянии при комплексной механической обработке (лезвийно-упрочняющая обработка с последующим алмазным выглаживанием).

Для экспериментальных исследований использовались цилиндрические образцы из высокопрочного чугуна, применяемого в настоящее время для производства ответственных деталей двигателей внутреннего сгорания (коленчатых и распределительных валов, поршневых колец, шатунов и т.д.), следующего химического состава: 3,5%С, 2,7%Si, 0,7%Mn, 0,03%P, 0,005%S, 0,1%Ni, 0,1%Cr, 0,07%Mg. Чугунные образцы, полученные из одной плавки, затем подвергались различным видам термической обработки.

Рациональные марки инструментальных материалов для лезвийно-упрочняющей механической обработки высокопрочного чугуна выбирались на основании анализа основных физико-механических характеристик инструментальных материалов, а также по результатам экспериментального определения коэффициента трения пары «ВЧШГ – инструментальный материал». Таким образом, в качестве инструментальных материалов были выбраны: твердый сплав Т15К6 и поликристаллический сверхтвердый материал на основе нитрида бора гексанит-Р (композит 10). Для алмазного выглаживания использовали индентор из АСПК (ТУ2-037-100-78) с радиусом при вершине 1,5 мм.

В процессе экспериментальных работ было определено, что с повышением твердости высокопрочного чугуна уменьшается значение оптимальных отрицательных передних углов инструмента (с точки зрения получения на поверхности качественного сплошного белого слоя при необходимой шероховатости поверхности). При обработке гексанитом-Р оптимальные значения отрицательного переднего угла в среднем на 5° больше ($\gamma = -35 \div -50^\circ$) по сравнению с точением резцами из твердого сплава Т15К6 ($\gamma = -30 \div -45^\circ$), что объясняется несколько большей теплопроводностью и меньшим коэффициентом трения гексанита-Р в паре с ВЧШГ.

Экспериментальными исследованиями установлено, что с уменьшением температуры отпуска высокопрочного чугуна (табл.1) возрастает толщина упрочненного (белого) слоя при лезвийно-упрочняющей обработке (рис. 1,а). Это объясняется увеличением силы и температуры резания, а значит, и температуры поверхностного слоя, что активизирует процесс структурных изменений в нем.

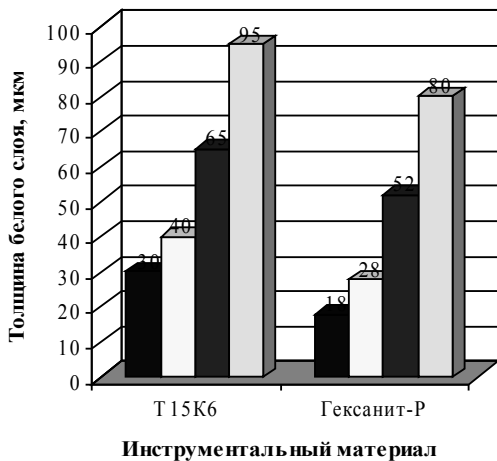
В случае обработки резцами из гексанита-Р усилия и температуры в зоне резания меньше по сравнению с точением инструментом из Т15К6, что обусловлено различием физико-механических свойств этих инструментальных материалов. Поэтому уменьшается и толщина белого слоя (рис. 1,а).

Металлографическими исследованиями установлено, что белый слой на высокопрочном чугуне после лезвийно-упрочняющей обработки представляет собой структуру мартенсита чрезвычайно тонкого строения и остаточного аустенита, который имеет большую микротвердость, чем обычный, за счет того, что является наклепанным.

Структура мартенсита белого слоя характеризуется большей твердостью, чем мартенсит того же чугуна обычной закалки. Под слоем вторичной закалки повышенной твердости для высокопрочного чугуна, имеющего структуру мартенсит или

троостит отпуска, находится зона вторичного отпуска пониженной твердости. У образцов из ВЧШГ с сорбитной и перлитно-ферритной матрицей не наблюдается зоны вторичного отпуска. Образование структуры вторичной закалки связано с увеличением удельного объема и, следовательно, возникновением в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений, что улучшает эксплуатационные характеристики деталей машин.

а



б



Рис. 1. Толщина упрочненного (белого) слоя (а) и величина шероховатости поверхности (б) после комплексной механической обработки высокопрочного чугуна в различном исходном структурном состоянии

В процессе алмазного выглаживания происходит: снижение шероховатости поверхности (рис. 1,б), некоторое повышение микротвердости поверхностного слоя (за счет превращения части остаточного аустенита в мартенсит), уменьшение неоднородности поверхностного слоя, а также образование в нем остаточных напряжений сжатия. Стойкость алмазных инденторов в зависимости от исходного структурного состояния высокопрочного чугуна составляет 10–20 часов машинного времени.

Выводы

Таким образом, микротвердость поверхностного слоя после комплексной механической обработки ВЧШГ достигает 5800–8700 МПа при толщине упрочненного слоя 20–100 мкм, шероховатость поверхности составляет $Ra = 0,15–0,8$ мкм (в зависимости от структуры исходной металлической матрицы чугуна и вида инструментального материала). Стойкость резцов из гексанита-Р на оптимальных режимах при лезвийно-упрочняющей обработке в среднем в 7 раз выше, чем при обработке твердосплавным инструментом и составляет 90–250 мин и 10–40 мин соответственно.

Литература

1. Солнцев Л.А., Зайденберг А.М., Малый А.Ф. Получение чугунов повышенной прочности. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 152 с.
2. Петриченко А.М., Зайденберг А.М. Тенденции производства высокопрочных чугунов // Автомобильная промышленность. – 1988. – №2. – С. 35–36.
3. Бабей Ю.И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна. – К.: Наукова думка, 1988. – 240 с.
4. Одинцов Л.Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
5. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. – М.: Машиностроение, 1972. – 104 с.
6. Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением / Л.А. Хворостухин, С.В. Шишкин, А.П. Ковалев, Р.А. Ишмаков. – М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.

Рецензент: С.С. Дьяченко, профессор, д.т.н., ХНА-ДУ.

Статья поступила в редакцию 27 июня 2006 г.