

УДК 621.793.

В.И. КОТЕЛЬНИКОВ, к-т техн. наук, НГТУ
В.П. КОЖЕМЯКИН, к-т военно-техн. наук, НВВИКУ

РЕМОНТ БЛОКА ШЕСТЕРЕН СВАРКОЙ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКОЙ СВАРНОГО ШВА РЕЗАНИЕМ С НАГРЕВОМ, СОВМЕЩЕННЫМ С ПД.

В работе приведены данные по восстановлению изношенных деталей зубчатых передач сваркой с последующей механической обработкой резанием с нагревом. Приводится технология и особенности использования восстановления поверхностей.

The work represents information concerning the restoring of aged gear work pieces by welding with the further machine treatment that includes heat cutting. The technologies and essential characteristics of the restoring method are given in the paper.

Постановка проблемы. Восстановление изношенных деталей зубчатых передач традиционными методами зачастую не обеспечивает уровень первоначального изготовления детали. Следствием этого является выбрасывание изношенных блоков шестерен в металлолом. Ставится задача восстановления изношенной детали методом резания с нагревом.

Анализ публикаций по ремонту зубчатых передач данным методом не дал результатов.

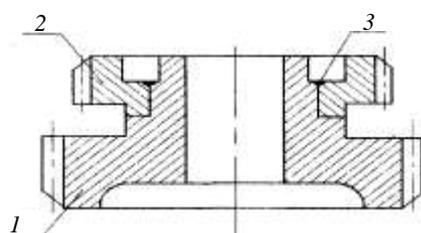


Рис. 1. Схема восстановления блока шестерен заменой неисправного зубчатого венца: 1 - основная часть блока, 2 — замененный венец, 3 - сварочный шов

Цель публикации: ознакомление с методом восстановления изношенных деталей сваркой с последующим резанием с нагревом металла сварного шва.

Раздел: Восстановление изношенных деталей сваркой с последующим холодным резанием металла сварного шва сопряжено с большим износом режущего инструмента из-за содержания в шве большого количества взвешенных неметаллических и шлаковых включений. Процесс сварки разупрочняет деталь и в сечении шва при эксплуатации накапливаются термические и деформационные напряжения, приводящие к образованию микро трещин и разрушению детали под нагрузкой. Восстановление прочностных свойств термической обработкой зачастую из-за различия структуры шва и основного металла не происходит.

Механическое резание с нагревом срезаемого слоя было применено для обработки сварных деталей с целью восстановления рабочих поверхностей при ремонте. С целью использования данного способа обработки при проведении ремонтных работ и оценки его эффективности разработана технология ремонта и методика исследования процесса резания с нагревом в сопоставлении с процессом холодного резания.

Блок шестерен восстанавливали заменой изношенного зубчатого венца с помощью сварки с последующим резанием сварного шва с нагревом. Механическая обработка осуществлялась в условиях лаборатории НГТУ резанием металла с нагревом. Прочностные свойства поверхностей восстановленной детали замерялись стандартными методами.

Восстановление детали блока шестерен произведено срезанием изношенной части детали -2 по линии срезки -3 с основной частью детали -1, точением верхнего зубчатого венца, их соединением и сваркой с последующей чистовой обработкой наплавки сварного шва на сварной детали резанием с нагревом. После восстановления деталь закаливается до $HRC-65$ ед. и азотируется на глубину $h=0,2...0,5$ мм.

Технический маршрут ремонтно-восстановительных работ включает срезание изношенной части венца с детали по линии разреза, изготовление венца 2, сварку деталей 1 и 2, точение с нагревом сварного шва, термообработку блока шестерен.

В данном технологическом маршруте операция рекристаллизационного отпуска сварного шва не применяется, поскольку при резании с нагревом до $T=600^{\circ}C$ в слое срезаемого металла, поверхность обработанной детали прогревается до $T=450^{\circ}C$ на глубину 5-6 мм. При резании с нагревом в результате нагрева температурные напряжения в сварном шве снимаются.

В результате процесс рекристаллизации сварного шва не нужен. Кроме того, резание с нагревом позволяет обработать поверхность валика наплавленного сваркой металла за один проход независимо от высоты этого валика. В случае попадания шлаковых включений в зону нагрева они размягчаются и не оказывают практически никакого влияния на стойкость и сохранность режущего инструмента [1]. При

резании с нагревом характер образования стружки меняется. В случае холодного резания образование стружки сопровождается пластическими деформациями срезаемого металла. зоны образования стружки - это линия, разделяющая области не деформированных и деформированных при пластическом сдвиге зерен металла; конечная Размер зоны образования стружки на фотографии (см. рис. 2.) микрошлифов можно определить по характерным признакам линий текстуры сталей. Начальная граница граница-линия, параллельная начальной границе, проведенная из точки, соответствующей максимальной высоте зоны контактных пластических деформаций.

Величина усилия резания, затрачиваемая на образование стружки, зависит от прочностных характеристик обрабатываемого материала, сечения среза, а также углов резания, трения и сдвига металла при пластической деформации [2].

При резании с нагревом в систему вводится дополнительная энергия, которая резко изменяет характер пластических деформаций металла в корне стружки. Увеличение температуры поверхностного срезаемого слоя приводит к его разупрочнению и снижению сил резания. Нагрев нарушает прочностные межкристаллические связи зерен металла при деформации под действием сил резания. В результате происходит не периодический сдвиг части металла по линиям скольжения характерный для холодного резания (см. рис.2), а непрерывное скольжение размягченного металла металла по плоскости сдвига. В результате стружка сходит с резца в виде прямой сплошной ленты. Толщина стружки близка к глубине резания.

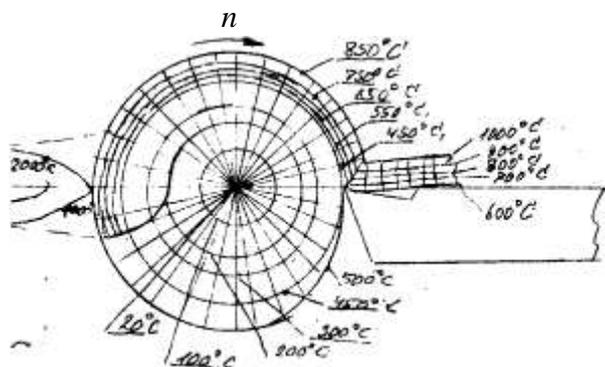


Рис. 2. Фотография макрошлифа образования стружки при резании стали ЭИ961 "инструментом с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6 [3]

В связи с разупрочнением нагретого металла до температур $T = 850-600^{\circ}\text{C}$. резание с нагревом можно вести с большими скоростями и большой глубиной резания. С уменьшением сил резания возрастает стойкость режущего инструмента. Сокращаются расходы на приобретение дорогостоящего инструмента с пластинами из СТМ. В результате изменения режимов резания производительность такой обработки возрастает в 2 - 4 раза [4].

В результате при резании с нагревом характер образования стружки изменяется. На рис.3 условно с помощью сетки показан характер распространения температур при нагреве внешним тепловым источником и деформаций в отходящей по передней поверхности резца прямой, а не витой стружки.

Особенностью образования стружки при резании с нагревом является то, что в корне стружки происходит непрерывное скольжение размягченного

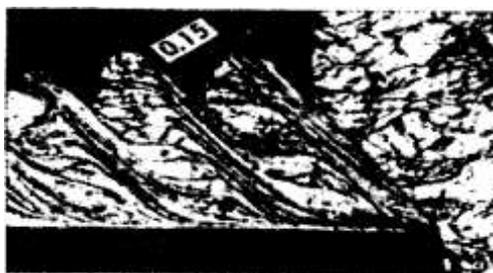


Рис.3. Схема распределения температур по сечению обрабатываемой резанием с нагревом детали и образующейся стружки

При холодном резании металла под действием режущего инструмента на поверхности обрабатываемой детали образуется наклеп. Замерами микро твердости поверхностного слоя металла сварного шва после резания с нагревом было обнаружено отсутствие наклепа.

С целью восстановления твердости поверхностного слоя обработанный резанием с нагревом сварной шов подвергался деформации шариковым накатником. Поверхностно пластическое деформирование восстанавливало наклеп и улучшало параметры шероховатости поверхности. Кроме того, регулируемый микро- рельеф поверхности способствовал перераспределению напряжений в поверхностном слое, что помогло улучшить эксплуатационные характеристики блока шестерен.

Процесс поверхностно пластического деформирования сводится к силовому воздействию на поверхностный слой с целью завальцовывания вершин шероховатости во впадины и к уплотнению металла в тонком поверхностном слое.

На рис.4 показан ролик, выглаживающий вершины шероховатости поверхности при пластическом деформировании под действием усилия давления P . Под роликом слой металла уплотняется на величину $\delta = 0,5[(D + R_{max}) - d]$

Здесь R_{max} - максимальная высота неровностей профиля, δ - глубина уплотнения металла поверхностного слоя. Обкатывание поверхности шариком аналогично приведенной схеме с той разницей, что шарик позволяет прикладывать к единице площади поверхности детали большее усилие.

Нкатник закрепляется в резцедержателе поперечного суппорта станка. Закрепление производится болтами, пропускаемыми через два сквозных отверстия в державке. Величина усилия, создаваемого пружиной накатника, передается на поршень, а поршень давит на шарик ,создающий давление ГШД на детали . Изменение величины усилия обкатывания шариком фиксируется по шкале на корпусе накатника.

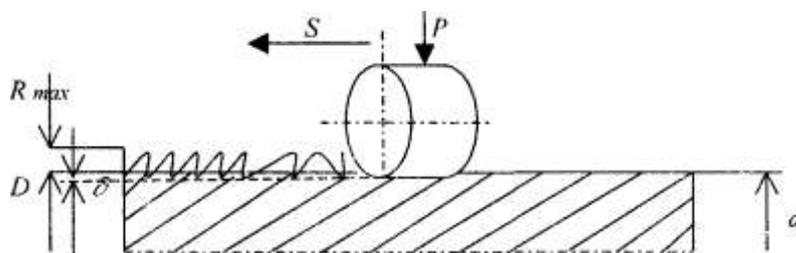


Рис.4. Схема пластического деформирования поверхностного слоя металла

Зависимость изменения параметров шероховатости от усилия обкатки при различных величинах подачи исследовалось в работе [5]. Материал -- сталь ст.45; скорость вращения обкатываемой поверхности вращения $V = 20$ м\мин. Температура поверхности детали $T = -20^\circ$ С. Обкатка проводилась шариковым накатником. Шероховатость шарика $Ra = 0,01$ мкм. Диаметр шарика $d = 20$ мм. Твердость поверхности шарика $HRO65$ ед. Давление шарика на поверхность детали создавалось винтовой парой и изменялось в пределах от 0 до 3 кН. Начальная шероховатость поверхности $Ra = 2,25$ мкм. Эффективность воздействия на поверхность металла при обкатке шариком зависит от величины силового давления на единицу площади. При обкатывании детали шарик вдавлиывает вершины шероховатости в поверхность металла. Происходит упрочнение поверхностного слоя детали и повышается усталостная прочность, обработанных ППД деталей на 30 - 45%.

Новая деталь на ремонтном предприятии покупается по МЗК на заводе изготовителе по оптовой цене готовой детали. Основная доля в цене покупной детали это себестоимость изготовления готовой детали плюс накладные расходы и наценка на покрытие налогов. В случае снятия данной модели автомобиля с производства на заводе изготовителе, ремонтное предприятие может купить заготовку данной детали в заготовительном производстве завода изготовителя и произвести полностью механическую обработку детали. Может заказать изготовление детали на заводе изготовителе либо самостоятельно изготовить данную деталь, используя имеющиеся станочные мощности ремонтного предприятия либо просто купить деталь по розничной цене.

В случае покупки кованной либо штампованной заготовки, с последующей механической обработкой всех поверхностей детали, себестоимость изготовления блока шестерен по первому варианту будет 2-3 раза выше себестоимости ремонта блока шестерен сваркой с последующей обработкой сварного шва резанием с нагревом. Такая разность объясняется тем, что трудоемкость обработки всей детали в 3,5 раза выше, чем трудоемкость ремонта сваркой. Но при ремонте сваркой задействовано кроме металлорежущего оборудования сварочное и термическое, с соответствующим увеличением энерго- и трудозатрат.

При заказе изготовления детали на заводе изготовителе, деталь может быть куплена ремонтным предприятием по цене выше себестоимости изготовления за счет накладных расходов и конъюнктуры рынка. Причем цена может превышать себестоимость в 5 раз [6].

При покупке детали по розничной цене (не на заводе) ремонтное предприятие рискует приобрести деталь, изготовленную либо с отклонением в технологии изготовления, либо изготовленную из не соответствующей марки стали. Кроме того, розничная цена зависит от рыночного спроса и может превышать себестоимость в несколько раз (розничная цена блока шестерен 2380 руб.).

Вывод: Исходя из перечисленного, ремонтному предприятию выгодно выбрать третий вариант - изготовить данную деталь сваркой с обработкой сварного шва резанием с нагревом, используя имеющиеся станочные мощности ремонтного предприятия и обычный режущий инструмент. Данный метод восстановления зубчатых колес и блоков шестерен может быть использован при ремонте техники в МТС, колхозных и фермерских хозяйствах, в ремонтных подразделениях войсковых частей, испытывающих трудности в приобретении новых деталей и дорогостоящего инструмента.

Список литературы: 1. *Котельников В.И., Абдуллаев Л.П.* Обработка резанием с нагревом стальных деталей сваренных при ремонте. Материалы международной научно-практической конференции «Дни науки»2005», Днепропетровск, 2005, с. 75-77.2. // *И. Яцерицын, М.* // *Еременко. Е. Э. Фельдштейн.* Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: учебник для вузов/- Мн. ; Высшая школа, 1990, с.512. 3. *Плотников А.Л., Черемушиков П.П.* О неоднозначном влиянии прочностных свойств сталей на составляющие силы резания./ СТИН. 2006, №10. с.27-33. 4. *Сорокин В.М., Гаврилов Г.Л., Котельников В.И.* Восстановление изношенных деталей машин резанием с нагревом снимаемую слоя / Прогрессивные технологии в машино- и приборостроении. Межвузовский сборник статей по материалам ВНТК, Н. Новгород - Арзамас: НГТУ, 2004, с. 78-81. 5. *Сорокин В.М., Котельников В.И., Тарасова Е.А* Повышение качества ходовых винтов ППД/ В сб. НТК «Прогрессивные технологии - основа качества и производительности обработки изделий». Н. Новгород, 1995, с. 45-51. 6.Современные технологии и средства для построения эффективного бизнеса в машиностроительном производстве. Каталог предложений. Solver. Инженерный консалтинг, 2003, с.76.

Поступила в редакцию 07.05.07