

А.В. Бегова
Новомосковский институт Российского химико-технологического университета
им. Д.И. Менделеева
301665, Тульская область, Новомосковск, ул. Дружбы, 8,
каф. “Оборудование химических производств “,
тел.: (8762) 4-75-17

E-mail: adegova@dialog.nirhtu.ru

Анализ сравнительных прочностных испытаний кольцевых образцов с различной термообработкой

Механические испытания металла сварных швов и околошовной зоны позволяют определить численное значение прочности, пластичности и вязкости материалов в различных условиях их работы.

В соответствии с характером действующих сил механические испытания делятся на три вида: статические, когда усилие (нагрузка на образец) плавно возрастает или длительное время остается постоянным. К ним относятся испытания на растяжение, изгиб и ползучесть, определение твердости и микротвердости различных участков сварного соединения и наплавленного металла; динамические, при которых усилие возрастает практически мгновенно и действует короткое время. К ним относятся испытания на ударный изгиб, на ударный разрыв и стойкость против механического старения; испытание на выносливость, когда нагрузка на образец многократно изменяется по величине или по направлению.

В статье представлены результаты сравнительных прочностных испытаний кольцевых образцов с разной термообработкой по запатентованному способу – в скошенных цапфах (патент на полезную модель № 54183 «Устройство для испытания кольцевых соединений на прочность» [1]).

Испытаниям подвергались образцы труб из стали обыкновенного качества марки Ст3 (размеры труб $d \times s$: 21,0×3,0; 34,0×3,0 мм) в состоянии поставки, а также после термообработки – отжига 600° С, отжига 700° С; отжига 750° С. Отжиг представляет собой вид термической обработки, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке в течение определённого времени при этой температуре и последующем, обычно медленном, охлаждении до комнатной температуры.

Использование сварных образцов с поперечным швом позволяет оценить наименее прочный участок сварного соединения и влияние на него контактного упрочнения со стороны основного металла или шва.

Влияние термообработки (отжига) на свойства кольцевых образцов, вырезанных из труб диаметрами 21 и 34 мм с толщиной стенки 3 мм представлено в таблице.

По результатам испытаний кольцевых сварных образцов можно сделать следующие выводы:

1. По испытанию колец из трубы в состоянии поставки выявляется неравнопрочность основного металла (ОМ) и технологического шва, из-за отрицательного влияния остаточных напряжений от калибровки сварной трубы.

2. Отжиг при $t \geq 600^\circ\text{C}$ устраняет отрицательное влияние остаточных напряжений от сварки и калибровки, поэтому разрушается основной металл (шов прочнее).

3. Стандартные разрывные испытания патрубков не выявляют закономерностей, сделанных в выводах 1 и 2, т.к. имеется растяжение в продольном направлении.

Испытаниями кольцевых образцов, вырезанных из валика шва и основного металла (трубы) и отжигом при 730° С 1 час установлено: прочность электрошва больше прочности основного металла, а прочность газового шва – либо равна, либо меньше прочности трубы.

Стандартные испытания на прочность патрубков из стали 20, Ст3, сваренных ручной дугвой сваркой (РДС) электродами Э48 из сварочной проволоки Св08А всегда дают разрушения по основному металлу.

Таблица - Свойства сварных(со швом) труб из стали марки Ст3 по результатам испытаний кольцевых образцов

Размер и состояние трубы	σ_{σ} кгс/мм ²	δ , %	Место разрыва	Примечание
Труба 21×3,0 мм в состоянии поставки	40,1	12,5	ОМ	Стандартные испытания патрубков $\sigma_{\sigma} = 39 \div 42$
	39,5	7,7	шов	
Тоже после отжига 600°C, 1 час	39,3	16,0	ОМ	Шов прочнее ОМ
	40,3	16,8	ОМ; шов	Разрыв в двух местах одновременно
Труба 34×3 мм в состоянии поставки	48,0	8,7	ОМ	Стандартные испытания патрубков $\sigma_{\sigma} = 42 \div 49$
	47,7	4,9	Шов	
	47,9	6,8	Шов	
Тоже после отжига 600°C, 1 час	46,6÷47,4	10,3÷12,4	ОМ	Шов прочнее ОМ
Тоже после отжига 700°C, 1 час	40÷44,2	10,5÷12,4	ОМ	тоже
Тоже после отжига 750°C, 1 час	43,3	13,3	ОМ	тоже
Примечания: σ_{σ} - предел прочности или временное сопротивление разрыву; δ - относительное удлинение; ОМ – основной металл				

Электрошов прочнее трубы. Это подтверждается и испытаниями кольцевых образцов. Отжиг патрубков и колец при 730°C 1 час также подтверждает более высокую прочность наплавки, чем трубы, несмотря на то, что углерода в основном металле больше в 2-2,5 раза, чем в сварочной проволоке.

В тоже время газосварные патрубки, сваренные из этой же проволоки и этими же сварщиками, разрушаются чаще по шву или при равной прочности металла и шва трещина пересекает наплавку и основной металл.

Труба чаще всего является прочнее шва. Отжиг 730°C 1 час колец из газовой наплавки и трубы подтверждает прямое влияние углерода на прочность, что несвойственно электросварным швам.

Выявленные закономерности несоответствия прочности и содержания углерода при электросварке обусловлены влиянием поглощенного азота и влияния шлаковой ванны из покрытия электрода.

При испытании паяного медного патрубка из трубы 22,0x1 мм с телескопической пайкой кольцевые образцы показывают хорошую корреляцию между влиянием наклепа при волочении трубы и влияния рекристаллизации при нагреве в процессе пайки.

Литература

1. Патент на полезную модель №: 54183. Устройство для испытания кольцевых соединений на прочность. М., Опубликовано: 10.06.2006. Бюл. № 16. Марценко К.Н., Давыдов А.Д., Хорышко Б.А., Вент Д.П., Станиславчик В. В.

Е.А. Борисова, В.В. Зелинский
Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и
Николая Григорьевича Столетовых»
602264, Муром, Владимирская область, ул. Орловская, 23, тел. (49234) 77282
E-mail: center@mivlgu.ru

Повышение надежности трибосистемы колесо-рельс

Одной из наиболее сложных и дорогостоящих проблем на железнодорожном транспорте является изнашивание гребней колес и боковой поверхности головки рельсов в результате изнашивания при схватывании (боковой износ). Проблема резко обострилась с начала 1990-х годов в связи с приближением удельного тоннажа грузоперевозок к мировым стандартам. В особой мере это касается деталей стрелочных переводов, тем более на закруглениях пути. По данным ВНИИЖТ [1], такие направления решения проблемы бокового износа колес и рельсов как смазка, улучшение качества монтажа пути, плазменная закалка не дали существенных результатов.

Изнашивание при схватывании (ГОСТ 27674-88) происходит в результате схватывания на микроучастках сопряженных поверхностей с последующим вырывом или срезом материала, переносом его с одной поверхности на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность. Такой вид изнашивания свойственен режущим и деформирующим инструментам при металлообработке, системе «колесо-рельс» подвижного состава железных дорог, системе «ролик-рельс» у железнодорожных путевых машин, взаимодействию рабочих органов горных и дорожных машин и др. Во всех перечисленных случаях взаимодействующие поверхности образуют трибосистемы «сталь-сталь». Одним из методов повышения износостойкости таких трибосистем является создание на поверхностях изнашивания особого энергетического состояния наноструктурных элементов кристаллической решетки металла за счет воздействия магнитным полем. К настоящему времени окончательно сформирована адгезионная теория схватывания, которая благодаря работам А.П. Семенова, С.Б. Айнбиндера, Н.А. Буше, И.В. Крагельского и других стала общепризнанной. Основные положения адгезионной теории схватывания сводятся к следующему [2].

1. Большинство металлов образуют прочные соединения при соприкосновении чистых (ювенильных) поверхностей. При схватывании происходит выделение энергии. В реальных условиях схватыванию препятствуют поверхностные пленки.

2. Ювенильные поверхности образуются в результате сдвига соприкасающихся неровностей в местах действительного контакта, площадь которых может составлять лишь доли процента от номинальной площади. При этом возникают мостики холодной сварки (адгезионные мостики).

3. В ряде условий (наклеп, стеснение пластических деформаций, наличие твердых интерметаллидов и др.) сдвиг происходит не по границе раздела, а по менее прочному материалу и сопровождается переносом материала.

4. Существует критическая пластическая деформация, при которой создается критическая плотность адгезионных мостиков, что приводит к множественному схватыванию, образованию адгезионного шва.

Приведенным положениям соответствуют результаты исследований адгезионного изнашивания трущихся сопряжений, приведенные во многих публикациях по трибологии, основные выводы из которых могут быть сформулированы в терминах относительной прочности адгезионного соединения, формируемого в процессе скольжения [3]:

- если соединение более слабое, чем прочность какого-либо из металлов, тогда оно срезается по границе раздела между металлами,
- если соединение более слабое, чем прочность одного из металлов, но прочнее другого, тогда срез происходит по более мягкому металлу и продукты изнашивания остаются на поверхности твердого металла,

• если соединение прочнее каждого из металлов, то срезаются оба металла и повреждаются обе поверхности.

С учетом первостепенной роли пластической деформации в адгезионной теории схватывания заслуживает внимания концепция английской трибологической школы, в соответствии с которой начало схватывания определяется экспериментальной зависимостью, положенной в основу модели схватывания [3]

$$q^2 + \alpha \tau^2 = k^2, \quad (1)$$

где q - нормальное давление на микронеровностях, τ - касательное напряжение, α - постоянный коэффициент, k - константа текучести менее прочного из материалов.

В соответствии с современной (и самой поздней) интерпретацией адгезионного изнашивания [2] разрыв образовавшейся связи происходит по плоскостям максимальных касательных напряжений τ_{max} (линиям скольжения), проходящим по телу микровыступов. Линии скольжения не совпадают с адгезионным швом. При сдвиге зона пластически деформированных материалов сопряженных поверхностей несколько затормаживается и локализуется в линзообразной области. При продолжении сдвига в образовавшемся адгезионном соединении разноименных материалов происходит смещение линий скольжения к адгезионному шву. Поэтому, если один или оба материала вблизи адгезионного шва не испытывают всестороннего сжатия и имеют возможность перемещаться, заторможенная область стягивается в компактный узел, ограниченный линиями максимальных касательных напряжений, и приобретает вращательное движение. При этом возникший конгломеративный микрообъем утрачивает связь с основными материалами и превращается в частицу износа.

В ранее выполненных авторами исследованиях [4, 5] выдвинута гипотеза о противoadгезионной природе влияния магнитного поля на величину износа. В соответствии с теорией квантовомеханического строения атома внешнее магнитное поле изменяет энергетическое состояние молекулярных орбиталей взаимодействующих кристаллических решеток. При снятии поля остаточная намагниченность вместе с энергией фрикционных явлений поддерживает внесенные энергетические изменения. Созданная электронная система оказывается менее способной к образованию прочных адгезионных связей за счет взаимодействия валентных электронов. Определяющая роль взаимодействия этих электронов в условиях магнитного возмущения состоит в том, что они влияют не только на новое энергетическое состояние новообразованной электронной конфигурации в мостике схватывания, созданной в соответствии с квантовыми закономерностями, но и на силу и дальное действие сил химической связи в этой новой наноструктуре. В результате прочность адгезионных мостиков может быть уменьшенной.

Таким образом, в соответствии с изложенной моделью образования вещества очага схватывания при магнитном воздействии износостойкость трибосистемы колесо-рельс может быть существенно повышена за счет предварительной магнитной обработки.

Экспериментальная оценка коэффициента трения и интенсивности изнашивания базовых и намагниченных образцов рельсовой стали показала, что результаты вполне соответствуют выводам теоретического моделирования.

Литература

1. Марков Д.П. Трибология и ее применение на железнодорожном транспорте / Труды ВНИИЖТ.- М.: Интекст, 2007.- 408 с.
2. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др.; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе.- М.: Машиностроение, 2003.- 576 с.
3. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел. Ч.2. М.: Машиностроение, 1968.- 544 с.
4. Зелинский В.В., Борисова Е.А. Опытная оценка влияния магнитной обработки на износостойкость инструментальных сталей // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 3 (17), 2013,- С. 55-60.
5. Зелинский В.В. Борисова Е.А. Установление преобладающих видов и причин изнашивания режущих инструментов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, № 2(12), 2012, с. 55-60.

С.В. Гусев

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: Oid@Mivlgu.ru

Расчет предела текучести клинков

Предел прочности на изгиб у незакалённой углеродистой стали 200...300 МПа, для углеродистой стали, подвергнутой термической обработке по режиму быстрорежущей стали можно максимально увеличить в 2 раза [1].

Каков же предел прочности на изгиб у булатных клинков? Булатами называется всякая сталь, имеющая узорчатую поверхность; на некоторых булатах узор виден непосредственно после полировки, а на других не прежде, как поверхность её подвергается действию какой-либо слабой кислоты [2].

Настоящий булат отличается от сварочного неподражаемым для искусства расположением узоров, происходящим от состава от металла и тем ещё, что при переплавке не теряет узоров, но претерпевает большее или меньшее изменение в расположении их, смотря по тому, как предпринята была переплавка и какое влияние она имела на изменение в составе металла [2].

Изгибающий момент может быть выражен так:

$$M_{\text{изг}} = \frac{E \cdot J}{\rho}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости,

J – момент инерции поперечного сечения,

ρ – радиус кривизны, изгибаемой пластины.

Возникающие при этом максимальные изгибающие напряжения определим:

$$\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{изг}}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{изг}}$ – момент сопротивления изгибу, связанный с моментом инерции соотношением

$$W_{\text{изг}} = \frac{J}{y_{\text{max}}}, \quad (3)$$

где y_{max} – наибольшее расстояние от нейтрального слоя, до наиболее удаленного от него волокна.

В симметричном сечении:

$$y_{\text{max}} = \frac{H}{2},$$

где H – толщина полосы.

Подставляя в уравнение (2) $M_{\text{изг}}$ и $W_{\text{изг}}$ из уравнений (1) и (3) получим приближенные значения максимальных изгибающих напряжений:

$$\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} = \frac{E H}{2 \rho}, \quad (4)$$

Ориентировочный расчет для имеющихся данных об испытании булатов при $H = 4$ мм и $\rho = 100$ мм для стали, модуль упругости Юнга, который всегда принимается равным: $E = 2 \times 10^5$ МПа, имеем:

$$\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 4}{2 \cdot 100} = 4000 \text{ МПа}$$

При испытании же более толстых клинков (каролинских) с $H = 6$ мм:

$$\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 6000 \text{ МПа}$$

Секция 7. Машиностроение и материаловедение

Приведенный расчет показал, что булатные клинки имеют на порядок большую величину предела текучести, чем углеродистые стали. Испытания булатов предусматривали возвращение клинка в исходное состояние.

Литература

1. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М.: Машиностроение. 1990, 448 с.
2. Аносов П.П. Собрание сочинений. М.: АН СССР. 1954, 209 с.

А.В. Добрынина, Е.С. Рекконен
*Хакасский Технический Институт-филиал
ФГАОУ ВПО «Сибирский Федеральный Университет»
655017, Абакан, ул.Щетинкина, 27
E-mail: arbaiten.09@mail.ru*

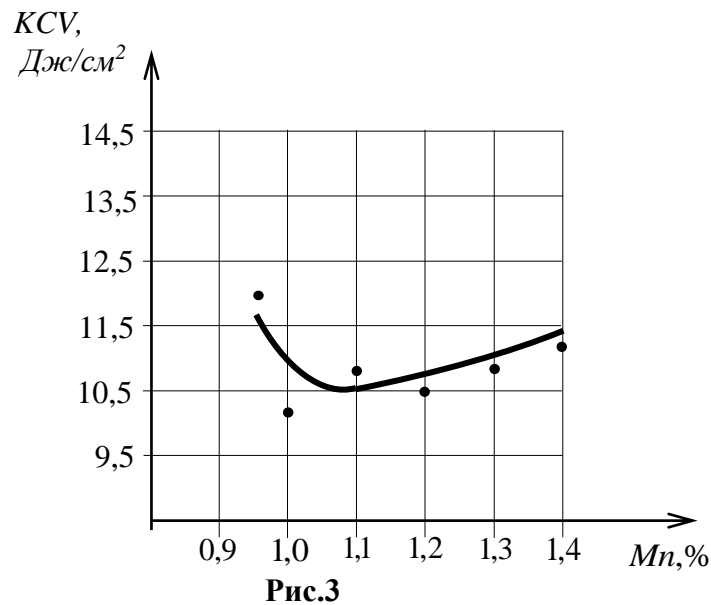
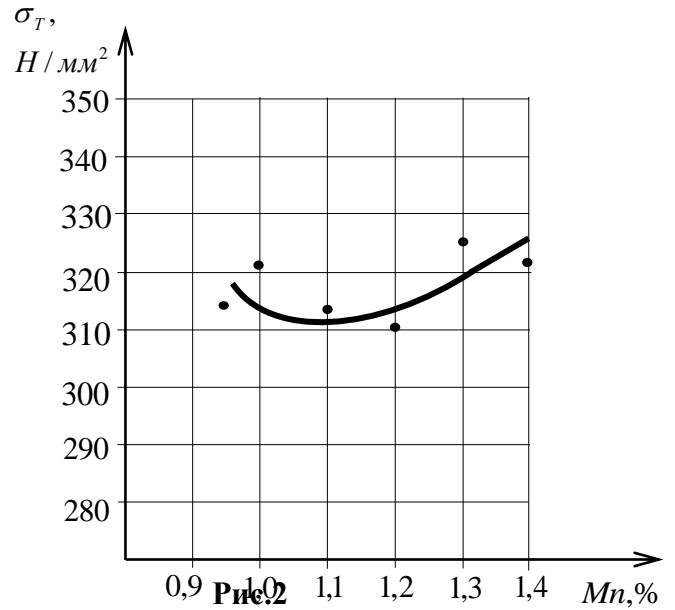
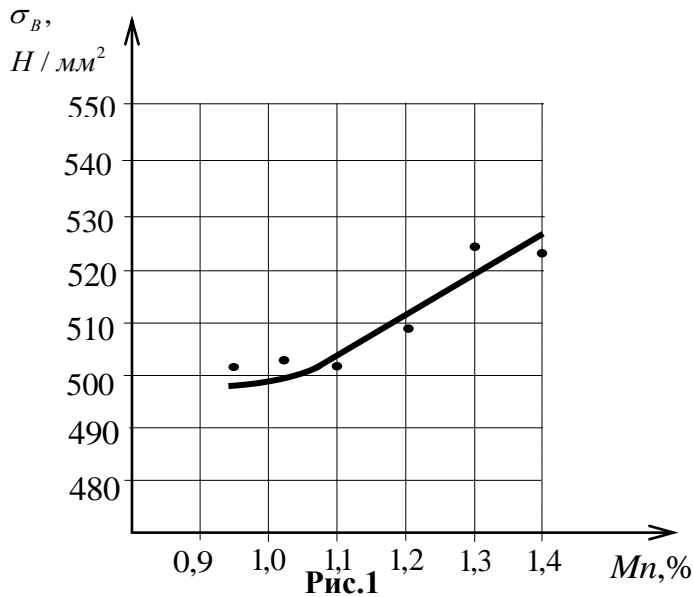
Рациональное легирование марганцем и его влияние на прочностные свойства литейных конструкционных сталей

Во всех современных машиностроительных сталях в большем или меньшем количестве присутствуют марганец. Добавка марганца к углеродистым сталям повышает пределы прочности и текучести, увеличивает прокаливаемость при неизменном содержании углерода. Эти свойства в сочетании с доступностью марганца делают его весьма перспективным для использования в качестве легирующей добавки к конструкционным сталям различного назначения. Как легирующий элемент марганец оказывает влияние прежде всего на свойства феррита и положение критических точек в стали.

Как следует из литературных данных [1,2], при содержании > 1 % Mn вязкость феррита начинает снижаться, но до 1,5 % Mn она не уменьшается ниже значений, наблюдаемых при его полном отсутствии. Влияние марганца на хладостойкость в значительной степени зависит от содержания в стали углерода. Это связано с тем, что марганец в стали может находиться как в твердом растворе в феррите, так и в виде карбида марганца Mn_3C или двойного карбида $Mn_3C \cdot Fe_3C$. В сталях с 1-2 Mn распределение его между карбидами и твердым раствором находится примерно в соотношении 1:4. В малоperlитных сталях (0,05-0,10 % C) рекомендуется содержание марганца $\leq 1,8$ %. Влияние марганца связано с воздействием на обе структурные составляющие - феррит и перлит. В первом случае это вызывается искажением кристаллической решетки, во втором - способностью марганца повышать устойчивость переохлажденного аустенита, что увеличивает дисперсность карбидов и приводит к измельчению зерна.

Для более детального исследования влияния марганца на механические свойства стали, а также установления его оптимального количества для легирования литейных сталей, были проведены дополнительные исследования: в сталь одного и того же химического состава добавили разное количество марганца; полученные образцы подвергли нормализации и стандартным испытаниям на механические свойства.

Полученные результаты позволили построить кривые зависимости механических свойств стали от содержания марганца, представленные на рис.1,2,3.



Марганец оказывает значительное влияние на структурообразование и свойства стали. Уже при сравнительно малых содержаниях марганца (около 1 %) в структуре стали сохраняется некоторое количество аустенита. Растворимость марганца в α -железе ограничена: в сплавах системы Fe – Mn растворяется примерно 3 % Mn, а системы Fe – C – Mn – 0,5...0,60 % Mn. Избыточный марганец в процессе $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения должен сегрегировать в аустенит, резко повышая его устойчивость. Вероятность сохранения остаточного аустенита существенно возрастает при увеличении скорости охлаждения. Наличие остаточного аустенита может оказывать двойное влияние на свойства стали. Образуя включения или даже сплошной разветвленный каркас внутри ферритного зерна, остаточный аустенит способствует

упрочнению стали. Особенно заметен этот эффект при содержании марганца более 1,1 % (рис. 2, 3). Такое упрочнение не сопровождается существенным снижением пластичности и ударной вязкости стали. Если же остаточный аустенит сохраняется в виде оторочки по границам ферритных зерен, то это может привести к значительному охрупчиванию стали, особенно при низких температурах. В некоторых случаях возможен перлитный или промежуточный распад аустенитных оторочек. Наличие в структуре стали значительного количества таких участков приводит к снижению ударной вязкости. В стали 20ГЛ количество зерен феррита у аустенитными оторочками незначительно, поэтому наличие аустенита не оказывает большого влияния на ударную вязкость.

С повышением содержания марганца от 0,8 % до 1,2 % ударная вязкость снижается (рис.4). При чем наиболее интенсивно при содержании около 1 % Mn. Это объясняется тем, что при низких температурах включения в виде аустенитных оторочек, расположенные по границам ферритных зерен оказывают охрупчивающее воздействие на сталь [2,3]. Дальнейшее увеличение концентрации марганца ведет к незначительному повышению вязких свойств, что связано с изменением размеров и формы включений (при содержании марганца около 1,4% участки с аустенитными оторочками наблюдаются редко и не вызывают заметного охрупчивания стали). Однако в массивных и сложных отливках с заметной ликвационной неоднородностью по марганцу возможно образование опасных зон с охрупченной структурой.

Таким образом, на структурообразование и свойства литейной низкоуглеродистой стали 20ГЛ значительное влияние оказывает марганец. При содержании более 0,6 % марганец способствует образованию структуры зернистого бейнита, состоящего из феррита и микронзон остаточного аустенита или продуктов его распада. Эти микронзоны могут быть изолированы друг от друга, но чаще они образуют разветвленный каркас ферритного зерна. Такая микроструктура ферритных зерен обеспечивает заметный эффект микрокомпозиционного упрочнения стали.

При более высоком содержании марганца в стали остаточный аустенит может сохраняться в виде оторочки по границам ферритных зерен. Это вызывает значительное охрупчивание стали, особенно при низких температурах. В сталях с содержанием до 1,4 % марганца участки с аустенитными оторочками наблюдаются редко и не вызывают заметного охрупчивания стали.

Следовательно, добавка марганца к углеродистым сталям повышает пределы прочности и текучести при неизменном содержании углерода. Кроме того, увеличение содержания марганца незначительно снижает ударную вязкость. Эти свойства в сочетании с доступностью марганца делают его весьма перспективным для использования в качестве легирующей добавки к конструкционным сталям различного назначения.

Литература

1. Сильман Г.И., Тейх В.А., Сосновская Г.С. Термодинамический анализ системы Fe – С – Mn / Г.И. Сильман // М и ТОМ. – 2015. - № 4. – С.70-76.
2. Бабкин В.Г., Добрынина А.В., В.Н. Баранов. Оптимизация состава низкоуглеродистой стали//Литейное производство.-2013.- № 2.-С.8-10.
3. Горобченко С.Л., Гуляев Б.Б. Влияние легирующих элементов на хладноломкость сплавов// Литейное производство.-2012.- № 4.-С.7-9

А.В. Карпов

Муromский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, д. 23
krash75@mail.ru

Обобщённая модель параметрической оптимизации обработки резанием по критерию наибольшей энергетической эффективности

В [1] нами предложен и исследован интегральный показатель энергетической эффективности резания K ("энергетический КПД резания"), записываемый в обобщённом виде следующим образом:

$$K = \frac{\{\text{полезная работа}\}}{\{\text{затраченная работа}\}} = \frac{\Delta w}{e} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где Δw – удельная энергоёмкость обрабатываемого материала, Дж/мм³, определяемая в зависимости от преобладающего при заданных условиях стружкообразования вида деформации и разрушения; e – удельная работа резания, Дж/мм³, т.е. работа режущего инструмента, отнесённая к единице объёма срезаемого слоя заготовки или поверхностного слоя детали.

В процедурах параметрической оптимизации целевая функция Y должна содержать в качестве аргументов оптимизируемые технологические факторы: геометрические параметры лезвийных инструментов (диаметр D ; число зубьев z ; углы режущей части; радиус при вершине r ; размеры державки B , H) и элементы режима резания (скорость резания v , подачу s). Принимая за критерий оптимальности показатель энергетической эффективности процесса резания K , можно записать целевую функцию в виде

$$K = \frac{\Delta w}{e} = f(D, z, \gamma, \alpha, r, \varphi, \varphi_1, \omega, B, H, v, s) \rightarrow \max. \quad (2)$$

Вектор параметров $(D, z, \gamma, \alpha, r, \varphi, \varphi_1, \omega, B, H, v, s)$ считается оптимальным при соответствии двум признакам:

- 1) критерий K максимален;
- 2) выполняется система ограничений, число и сущность которых зависят от конкретных технологических условий.

Модель параметрической оптимизации переходов лезвийной обработки по критерию K представлена на рисунке 1 как комплекс взаимосвязанных параметров трех различных классов: входных, ограничивающих и выходных. Ко входным (задаваемым) параметрам отнесены: 1) физико-механические свойства обрабатываемого материала, позволяющие рассчитать его потенциальную энергоёмкость; 2) способ обработки, тип инструментального материала (быстрорежущая сталь, твердый сплав); 3) условия обработки: глубина резания t , размеры заготовки L , l , способ закрепления заготовки или инструмента, геометрические параметры приспособлений.

Ограничивающими (управляющими) параметрами являются: 1) величина поля допуска на размер обработанной поверхности $[\Delta]$; 2) предельная высота микронеровностей $[Ra]$; 3) требуемый период стойкости инструмента $[T]$; 4) мощность электродвигателя привода главного движения металлорежущего станка $[N]$; 5) допустимый крутящий момент на шпинделе $[M_{кр}]$; 6) максимальное основное время перехода $[\tau_{очн}]$. Значения ограничивающих параметров устанавливаются в конкретных производственных условиях по рабочим чертежам детали, операционным эскизам, паспортным данным оборудования и такту выпуска изделий.

Выходные (оптимизированные) параметры включают в себя оптимальные значения геометрических характеристик инструмента $(D, z, \gamma, \alpha, r, \varphi, \varphi_1, \omega, B, H)_{opt}$ и режимов резания $(n_{opt}, v_{opt}, s_{opt})$.

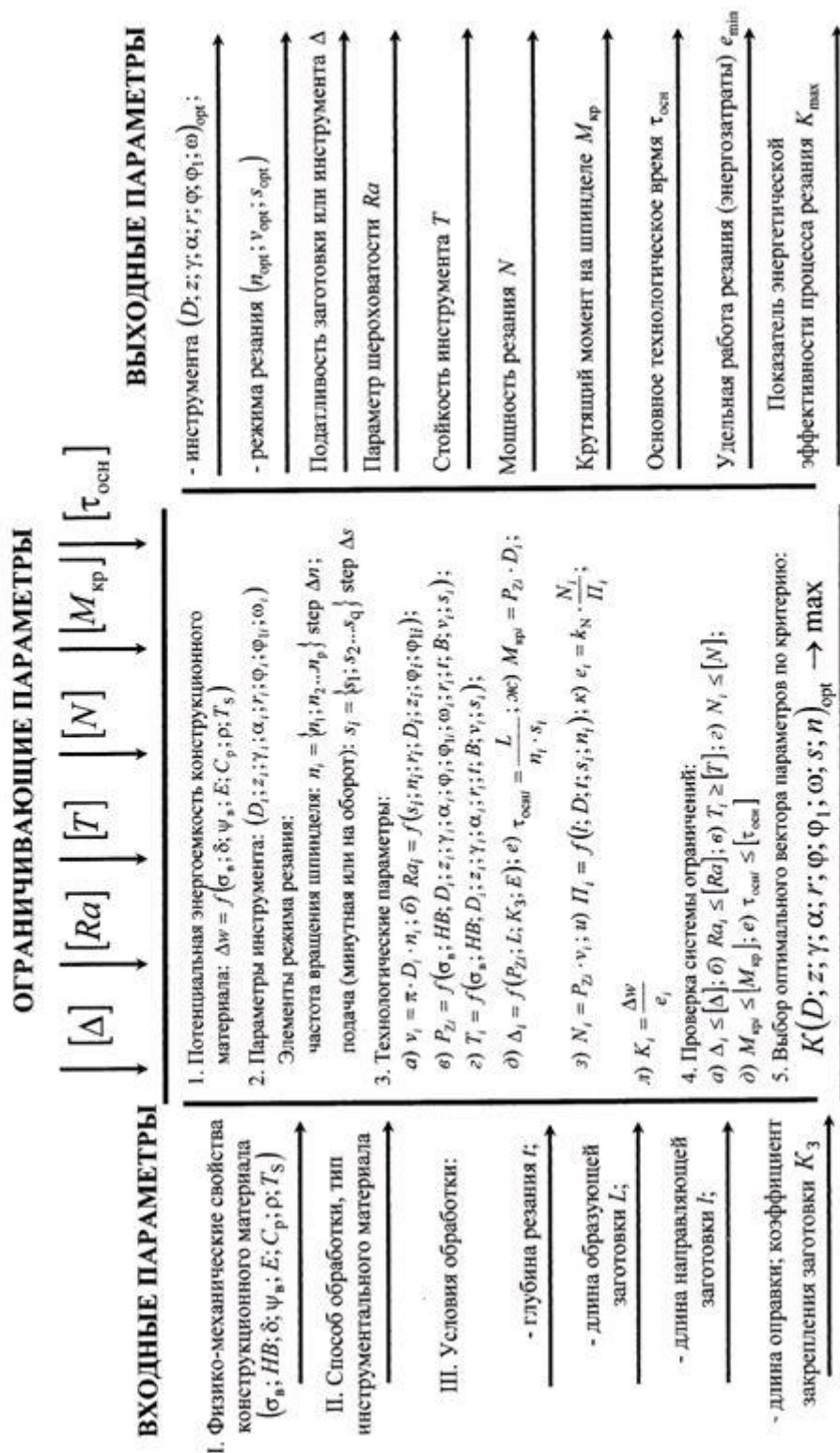


Рисунок 1 Модель параметрической оптимизации обработки резанием по энергетическому критерию K

Литература

1. Karpov A.V. Determining the effective conditions for machining fabrication procedures based on the cutting process energy patterns // Procedia Engineering. Vol. 129 (2015). Pp. 116-120.

Л.В. Лукиенко, Л.В. Никольская,

А.В. Парамонов, А.В. Ермолов

ФГБОУ ВО Тульский государственный педагогический

университет им. Л.Н. Толстого

300026, г.Тула, пр.Ленина, 125

lukienko_lv@mail.ru

Анализ эффективности использования сельскохозяйственной техники для предпосевной обработки

В связи с необходимостью интенсификации производства и обеспечения повышения ресурса сельскохозяйственной техники проведение анализа использования сельскохозяйственной техники для предпосевной обработки с целью определения направлений дальнейшего развития исследований в этом направлении представляется актуальным.

Анализ проведён на примере суглинистых почв, которые наиболее предпочтительны для земледелия с точки зрения удобства их возделывания. Между тем, для них характерно наличие песка, крупной и средней пыли. Это, на наш взгляд, предполагает наличие абразивного износа для техники, работающей по этим почвам.

Для предпосевной обработки почвы используют, как правило, плуги, бороны, луцильники, культиваторы, катки, почвообрабатывающие фрезы. Использование этой техники позволяет создать более комфортные условия для проведения посевной компании.

Наличие песка, пыли и других составляющих может привести к преждевременному изнашиванию рабочих органов сельскохозяйственных машин. Абразивное изнашивание происходит по механизмам *микрорезания* и *выдавливания*. При высокой твердости абразива, при наличии у него острых граней и достаточной глубине его проникновения вглубь поверхности абразивная частица становится способной снимать микростружку с металла. Способность абразивной частицы к микрорезанию может быть определена соотношением глубины проникновения частицы к радиусу ее закругления (h/R). Для каждого металла и сплава существует свое предельное значение h/R , выше которого начинается микрорезание. Микрорезание является наиболее разрушительным проявлением абразивного изнашивания. Наблюдается оно сравнительно редко, поскольку абразивные частицы в основном имеют скругленную форму и не в состоянии глубоко внедриться в поверхность деталей. В большинстве случаев механическая форма абразивного изнашивания протекает по механизму выдавливания (царапания). Абразивная частица пластически деформирует поверхность, оставляя за собой выдавленное углубление (канавку) с валиками деформированного металла с обеих сторон канавки. Многократное деформирование одного и того же места поверхности абразивными частицами приводит к тому, что дно канавки и валики переупрочняются, в них возникают микротрещины, которые развиваются и приводят к удалению металла с поверхности в виде микрочешуек.

Анализ литературы показал, что большинство изношенных деталей может направлено на восстановление.

Для того, чтобы ресурс деталей не снижался, необходимо применять методы восстановления изношенных поверхностей: напыление, наплавку и ряд других. Необходимость такого приёма обоснована снижением времени простоя сельскохозяйственной техники, а также затрат на покупку нового оборудования.

Секция 7. Машиностроение и материаловедение

При восстановлении методом наплавки используют твёрдосплавные составы, которые позволяют обеспечить твёрдость рабочей поверхности 56-60 HRC.

Наиболее предпочтительным представляется напыление. Это позволит сохранить сложную рабочую поверхность исполнительных органов и обеспечить, практически, оптимальные рабочие свойства исполнительных органов почвообрабатывающей техники.

Литература

1. Основы трибологии. М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.
2. Семчук Г.И. Методы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственных машин. Технологический аудит и резервы производства. №4-5, 2013 С. 57-59
3. Трищ, Р. М. Обобщенная точечная и интервальная оценки качества изготовления деталей ДВС [Текст] / Р. М. Трищ, Е. А. Слитюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 1/2(19). — С. 63—67.
4. Федин, С. С. Обеспечение качества типовых деталей машиностроения методом нейросетевой классификации статистических законов распределения [Текст] / С. С. Федин, Р. М. Трищ // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 3/2(21). — С. 93—100.
5. Трищ, Р. М. Определение модели показателей качества изделий как случайной величины [Текст] / Р. М. Трищ, А. Н. Куцын, М. В. Шабалдас // Вестник национального технического университета «ХПИ». — 2008. — № 14. — С. 153—157.
6. Трищ, Р. М. Размерный расчет сборочных размерных цепей при соединении деталей нагревом [Текст] / Р. М. Трищ, О. С. Черкашина // Вестник национального технического университета «ХПИ». — 2010. — № 46. — С. 257—261.

Л.Г. Никитина

*Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23, тел: (49234) 77-1-01,
E-mail: nikitina-nlg@yandex.ru*

Снижение температурных деформаций шпинделя

В зависимости от конструктивного исполнения приводов главного движения современных станков, методы снижения температурных деформаций (ТД) можно разделить на следующие группы:

- снижение тепловыделения в подшипниках качения шпиндельного узла (ШУ);
- увеличения теплоотвода от подшипников и корпуса шпиндельной бабки;
- создание конструкций, в которых ТД не приводят к смещению шпинделя в направлении, влияющим на точность обработки;
- использование нетрадиционных материалов.

Для станков находящимся в эксплуатации, снижение влияния ТД на точность обработки достигается путем управления относительным положением заготовки и инструмента.

Снижение тепловыделений в подшипниках качения достигается правильным выбором метода смазывания, марки масла, количества смазки, усовершенствованием конструкции подшипников.

В [1] исследовалось влияние метода смазывания и количество смазочного материала для шпинделя с внутренним диаметром 60-90 мм. Сравнивались потери на трение при пластичной смазке, смазке масляным туманом (вязкость 12 сСт при 20 °С расход 2 г.) и принудительной прокачке жидкой смазки (вязкость 63 сСт при 20 °С расход 5 л/мин). Установлено, что на малых частотах вращения до 500 об/мин величина нагрева подшипников незначительно изменяется при различных методах смазывания. При частотах вращения 2000-3000 об/мин наименьшее тепловыделение характерно для смазывания масляным туманом, наибольшее – при прокачке жидкой смазки, имеющей в 3-6 раз больше температуры нагрева подшипников. Установлено существенное влияние количества смазочного материала на уровень тепловыделения в подшипниках. Показано, что наименьшее тепловыделение обеспечивают методы смазывания: масляный туман, капельное с импульсным дозатором, пластичная по сравнению с погружением в масляную ванну или циркуляционным смазыванием.

Увеличение теплоотвода от подшипников шпиндельного узла обеспечивается прокачкой охлажденного смазочного материала. Эффективный теплоотвод из зоны тепловыделения предложен фирмой Timken, в состав масла вводят легкоиспаряемую жидкость (фреон). Испарение происходит в зоне тепловыделения подшипника, затем фреон конденсируется в теплообменнике и самотеком поступает в систему смазки. Эффективна прокачка больших расходов масла малой вязкости. При прокачивании масла с вязкостью 25 сСт в объеме 30 л/мин температура внешнего кольца подшипника увеличивалась на 2 °С при изменении частоты вращения от 1000 до 5000 об/мин.

Увеличение теплоотвода от опор ШУ предлагается за счет охлаждения стенок корпуса при использовании пластичного смазочного материала подшипников. Эффективным способом увеличения теплоотвода от шпинделя является использование тепловых труб, принцип действия которых основан на поглощении тепла при испарении и его выделении при конденсации. Результат использования тепловой трубы в шпиндельном узле станка 1Б118 показал следующее – использование ацетона в качестве рабочей жидкости позволило снизить ТД в два раза.

Увеличение теплоотвода от шпиндельной бабки значительно снижает ТД. Внешнее и внутреннее оребрение шпиндельной бабки позволило снизить ТД на 70 %.

Существенно увеличивает теплоотдачу обдув стенок корпуса. Отсос нагретого воздуха из внутренних полостей коробки уменьшает ТД до 20%.

Для охлаждения ШУ станка модели 2А622 использовалась холодильная машина[2]. Охлаждающее масло подавалось на всю поверхность шпиндельной бабки, подшипниковые

Секция 7. Машиностроение и материаловедение

бобышки и поверхность полого шпинделя. Охлаждение стенок ШУ, путем разбрызгивания охлажденного масла снизило ТД в несколько раз.

В гильзовых конструкциях ШУ находят широкое применение водяные рубашки, выполненные в виде винтового канала. Интенсивное охлаждение цилиндрического корпуса обеспечивает существенное повышение быстроходности ШУ, снижение ТД, стабильность теплового состояния шпиндельного узла.

В последние годы в качестве материала корпусов шпиндельных бабок, шпинделей находят применение нетрадиционные материалы. В работе [3] приведены результаты изменения температурного поля и смещений шпинделя, обусловленных температурными деформациями стенок шпиндельных бабок, в зависимости от времени работы узла. Сравниваются две конструкции узла: в первой в качестве материала корпуса используется чугун, во второй – полимербетон. Несмотря на более высокие температуры подшипников, размещенных в полимербетонном корпусе (вследствие низкого коэффициента теплопроводности) и меньший коэффициент линейного расширения (на 50% ниже, чем у чугуна), линейные смещения шпинделя меньше на 30-40% по сравнению с корпусом из чугуна. Низкая теплопроводность полимербетона уменьшает теплоотвод от подшипников в корпус шпиндельной бабки, что и обеспечивает снижение температурных деформаций. Изготовление шпинделя из керамики (нитрида кремния), обладающей низкой теплопроводностью и малым коэффициентом линейного расширения, обеспечивает существенное снижение осевых смещений шпинделя

При проектировании приводов главного движения необходимо создавать такие конструкции, ТД которых не приводили бы к смещению шпинделя, влияющим на точность обработки. Создание теплосимметричных корпусов ШБ (относительно вертикальной плоскости) в токарных станках обеспечит постоянство положения шпинделя в вертикальной плоскости, тем самым ограничит погрешность размера обрабатываемой детали.

Литература

1. Смирнов А.И. Оптимизация смазки быстроходных шпиндельных узлов. М.: НИИМАШ, 1979. - 44с.
2. Соколов Ю.Н. Тепловые деформации металлорежущих станков. СТИН, 2003, №10.
3. Spur G., Hoffmann E. Optimierung des spindellagersysteme. Thermisches verhalten nichtmetallischer werkstoffe/ XI Szerszamger Kollokvium. – Budapest - 1998.

Силантьев С.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром Владимирской область, ул. Орловская, 23
E-mail:ppdsio@ya.ru

Повышение эксплуатационных свойств коррозионно-стойких нержавеющих сталей аустенитного класса

Широкое применение в нефтегазовой и химической промышленности находят детали оборудования изготовленные из коррозионно-стойкой жаропрочной стали X18H10T. Типичное применение – детали работающие в кислот, органических растворителях, в пищевой промышленности, в медицинском оборудовании, при обычной и повышенной температуре. Кроме конструкционных узлов существуют детали работающие в условиях контактных нагрузок, часто в отсутствии смазки, что приводит к «заеданию». Особенно подвержены «заеданию» резьбовые поверхности крепежных деталей и фитинги. Разобрать заклинившее соединение при помощи обычных инструментов невозможно, приходится применять распил и газовую резку. Частично избежать «заедания» можно используя специальные резьбовые или сборочные пасты при сборке. Их наносят на резьбу кистью или аэрозолем, однако их применение может быть невозможным из-за условий эксплуатации.

Эффективным способом борьбы с «заеданием» является повышение поверхностной твердости материала при помощи деформационного упрочнения.

Для нержавеющих сталей аустенитного класса применяется термообработка – закалка в воде с температуры 1050-1100 °С. Однако в результате такой термообработки происходит повышение пластичности и снижение твердости. Единственным способом повысить твердость таких сталей является поверхностное пластическое деформирование (ППД). При этом достигнутая твердость может быть даже выше, чем при упрочнении ППД нержавеющих сталей ферритного класса. Для получения высокой твердости необходима степень деформирования, недостижимая при использовании классических методов ППД.

Одним из известных методов упрочнения проката является высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) - это совмещение термической обработки и операции пластического деформирования. Как правило ВТМО осуществляется на этапе изготовления сортового проката и неприменимо для обработки поверхностей готовой детали.

Статико-импульсная обработка (СИО) – один из перспективных видов обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД). СИО является новым способом упрочнения ППД, отличающимся способом подвода энергии в зону деформации. Пластическая деформация металла осуществляется управляемым импульсным воздействием, сообщаемым ударной системой боек-волновод статически нагруженному инструменту. Использование предупредительного статического поджатия инструмента к обрабатываемой поверхности позволяет увеличить ее площадь контакта с инструментом, способствуя уменьшению искажений передаваемого ударного импульса, тем самым, уменьшая потери энергии удара.