



УКРАЇНА

(19) UA (11) 11098 (13) C1

(51) C 21 D 1/34; C 21 D 8/00

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛІЧНИХ ВИРОБІВ

1

(20) 96210018, 01.03.93

(21) 4948514/SU

(22) 24.06.91

(24) 25.12.96

(46) 25.12.96. Бюл. № 4

(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 1574646, кл. C 21 D 1/34, 1990.(72) Бережницькая Марія Пилипівна, Ме-  
женін Микола Олександрович, Власов Воло-  
димир Олексійович, Пачурін Герман  
Васильович, Гуслякова Галина Петрівна(73) Фізико-механічний Інститут ім. Г. В. Кар-  
пенка АН України (UA)

2

(57) 1. Способ поверхностного упрочнения металлических изделий, включающий нагрев поверхности трением с одновременной подачей в зону обработки технологической среды, отличающийся тем, что в качестве технологической среды используют 5%-ный водный раствор "Эмульсола ФМИ-3", а затем поверхность изделия подвергают обкатке роликом с последующим низкотемпературным отпуском.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что отпуск проводят при температуре 160°C в течение 2-х часов.

Изобретение относится к обработке металлов и может быть использовано в общем машиностроении при изготовлении деталей, работающих при циклических нагрузках в коррозионных средах. Известен способ поверхностного упрочнения металлических изделий, который отличается от предыдущего тем, что, с целью увеличения глубины упрочненного слоя и улучшения условий труда, в зону обработки подают в качестве технологической среды смазочно-охлаждающую жидкость — насыщенный водный раствор солей хлоридов магния и калия [1].

Недостатки данного способа следующие.

Имеет место неравномерность толщины упрочненного слоя и различие микротвердости по длине детали, растягивающие остаточные напряжения в поверхностном слое, что понижает работоспособность изделий, работающих в условиях коррозионной среды и при циклических напряжениях.

При использовании водного раствора солей хлоридов магния и калия в процессе обработки под действием высоких температур и давлений увеличивается количество ионов водорода и происходит наводороживание металла поверхности, что ведет к охрупчиванию и преждевременному разрушению изделия.

Применение данной технологической среды требует специального приготовления, что создает трудности на производстве при изготовлении деталей.

Цель изобретения — улучшение качества изделий путем повышения сопротивления усталостному и коррозионно-усталостному разрушению.

Поставленная цель достигается тем, что поверхность металлических изделий подвергают поверхностному термопластическому деформированию путем нагрева трением при одновременной подаче в зону обработки 5%-ного водного раствора "Эмульсола ФМИ-3" (ТУ38 УССР 201319 84).

(19) UA (11) 11098 (13) C1

обычно применяемого при механических обработках (шлифовании, точении и т.д.), а затем подвергают поверхностному пластическому деформированию (ППД) обкаткой роликом с последующим низкотемпературным отпуском. Отпуск проводят при 160°C в течение 2-х часов.

Использование в процессе поверхностного термопластического деформирования ТС 5%-ного водного раствора "Эмульсол (ФМИ-3)" ТУ38 УССР 201319-84), обычно применяемого при механических обработках без нагрева и выпускаемого серийно на производстве, позволят улучшить качество поверхностных слоев детали за счет отсутствия интенсивного наводороживания металла при импульсном нагреве, а также возникновения остаточных напряжений сжатия и с максимумом у поверхности детали.

На поверхности детали в процессе ПТПД образуется нехрупкий слой повышенной твердости, но неодинаковой толщины и микротвердости по всей длине детали, как результат импульсного нагрева. Последующее поверхностно-пластическое деформирование полученного слоя является необходимым процессом обработки и эффективным для ликвидации образующихся в процессе ПТПД концентраторов напряжений и неравномерности упрочненного слоя без образования в нем микротрещин. Ибо в процессе ППД после обработки по известному способу в результате хрупкости слоя образуются микротрещины, что является опасным при эксплуатации деталей в коррозионных средах.

Само собой ППД повышает усталостную прочность и ее эффективность возрастает с увеличением твердости деформируемого металла. Однако положительное влияние упрочнения, созданного только ППД, на усталость ограничено особенно при испытаниях в коррозионных средах.

В процессе последующего низкотемпературного отпуска, проводимого при определенной температуре (160°C) и времени (2 часа), происходит перестройка дислокационной структуры, структурные изменения с накоплением стабильной структуры, например, мартенсита отпуска, превращения остаточного аустенита в мартенсит. Чем больше стабильной структуры в поверхности детали, тем меньше чувствительность металла к воздействию коррозионной среды. Это очень важно при эксплуатации деталей в коррозионной среде. Для стабильности достаточна выдержка 2 часа при температуре 160°C. С повышением температуры отпуска наблюдается заметное

остаточных напряжений сжатия уменьшение, что нежелательно. С уменьшением температуры до 100°C замедляется скорость стабильности, что требует увеличения времени выдержки (до 8...12 часов).

5 Сочетание - стабильная структура с устойчивыми остаточными напряжениями сжатия обеспечивает повышение стойкости деталей к коррозионному разрушению при циклических нагрузках.

10 Существенные отличия предполагаемого изобретения заключаются в том, что сочетание поверхностного термопластического деформирования, происходящего при импульсных температурах и давлениях в результате трения металлическим диском с одновременной подачей 5%-ного водного раствора "Эмульсола-ФМИ-3" и приводящего к неравномерности толщины упрочненного, нехрупкого слоя и значения повышенной микротвердости по всей длине детали, и обкатки роликом с последующим низкотемпературным отпуском создают условия равномерного упрочненного слоя высокой твердости со стабильной структурой и значительными устойчивым и остаточным напряжениями сжатия, что улучшает качество изделий, работающих в условиях циклических нагрузок и коррозионной среды, путем повышения сопротивления усталостному и коррозионно-усталостному разрушению.

30 Следовательно, предлагаемый способ придает обработанным изделиям новые технические свойства, обуславливающие достижения положительного эффекта, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого решения критерию "существенные отличия".

40 Сущность способа состоит в следующем. Обработку деталью устанавливают в центрах токарного станка (1К62), а упрочняющий быстро вращающийся металлический диск на суппорте станка вместо резцедержателя в специальном приспособлении и прижимают к вращающейся детали. Одновременно в зону контакта подают технологическую среду 5%-ный раствор "Эмульсол ФМИ-3" (ТУ38 УССР 201319-84). Нагрев поверхности детали производят трением. Затем деталь подвергают поверхностному пластическому деформированию, обкатке роликом с оптимальным усилием для обрабатываемого металла и проводят отпуск при температуре 160°C в течение двух часов.

55 На фиг. 1 а показана схема сечения поверхностного слоя изделия после известного способа обработки.

На фиг. 1 б - схема сечения поверхностного слоя изделия после предлагаемого способа обработки.

1 - упрочненный слой; 2 - основной металл.

На фиг. 2 приведены кривые изменения микротвердости по толщине поверхностного слоя. Изделия из стали 40X, закаленной низко (4, 6) и высокоотпущенной (3, 5) после: 3, 4 - обработки по известному способу; 5, 6 - обработки по предлагаемому способу.

На фиг. 3 приведены эпюры остаточных напряжений в поверхностных слоях образцов из стали 40X/HR C 31) после обработки: 7 - по известному способу;

8 - ПТПД с применением ТС 5%-ного водного раствора "Эмульсол-ФМИ-3";

9 - по известному способу с последующей обкаткой роликом;

10 - по предлагаемому способу, но без отпуска; 11 - по предлагаемому способу.

**Пример.** Проводили упрочнение цилиндрических образцов диаметром 20 и длиной 110...150 мм из стали 40X закаленной, низко- (HR C 53) и высокоотпущенной (HR C 31) по известному и предлагаемому способу обработки.

Поверхностное термомпластическое деформирование по известному способу проводили на токарном станке 1K62 с подачей в зону обработки насыщенного водного раствора солей хлоридов магния и калия. По предлагаемому способу поверхностное термомпластическое деформирование проводили на токарном станке с подачей ТС-5%-ного водного раствора "Эмульсол(ФМИ)-3". Затем образцы обкатывали роликом, установленным на суппорте токарного станка вместо резцедержателя в приспособлении с максимальным усилием, при котором еще не наблюдалось шелушение поверхности, а потом упрочненные образцы подвергали отпуску при температуре 160°C в течение 2-х часов. Режимы обработки ПТПД в обоих способах одинаковы, а именно скорость вращения образца  $V_{обр} = 20$  об/мин, скорость вращения диска  $V_d = 6700$  об/мин, подача  $S = 1,2$  мм/об, глубина врезания диска  $t = 0,4$  мм. Высота диска  $h = 6$  мм, диаметр - 250 мм. Металлический диск изготавливали из стали 40X в состоянии поставки.

Обкатку роликом проводили при скорости вращения образца  $V_{обр} = 0,45$  м/с, подаче  $S = 0,11$  мм/об, число проходов - 1. Диаметр ролика 55 мм, радиус профиля рабочей части ролика 4,5 мм.

Изменение микротвердости металла поверхностных слоев и распределения в них остаточных напряжений после обработки по известному и предлагаемому способам представлены на фиг. 2 и 3. Остаточные напряжения определяли механическим ме-

тодом - по изменению деформации изгиба, возникающей при снятии электролитическим способом поверхностных слоев по половине цилиндра.

При упрочнении стали по предлагаемому способу в поверхностных слоях образцов происходит повышение микротвердости и более плавное ее изменение по глубине слоя (фиг. 2, кривые 5 и 6). После известного способа обработки изменение микротвердости металла по глубине слоя и длине образца носит зигзагообразный характер (фиг. 2, кривые 3 и 4), а возникшие остаточные напряжения являются растягивающими (фиг. 3, эпюра 7).

В процессе обработки по предлагаемому способу формируются благоприятные остаточные напряжения сжатия, зона залегания которых намного превышает толщину упрочненного слоя (фиг. 3, эпюра 11). Существенное влияние на формирование остаточных напряжений оказывает ТС. Эпюры 7 и 8 на фиг. 3 получены при обработке по известному способу, но с применением различных ТС. Применяемая ТС в предлагаемом способе оказывает более благоприятное действие на формирование остаточных напряжений, чем ТС применяемая в известном способе. Это влияние ТС сказывается и при последующей обкатке роликом (фиг. 3, эпюры 9 и 10). При применении ТС-5%-ного водного раствора "Эмульсол/ФМИ-3" распределение остаточных напряжений лучше с точки зрения их влияния на эксплуатационные характеристики, чем распределение напряжений при использовании насыщенного водного раствора магния и калия (фиг. 3, эпюры 7, 8, 9, 10). ТС также влияет на шероховатость поверхности. В случае применения 5%-ного водного раствора "Эмульсол-ФМИ-3" улучшается качество поверхности - уменьшается ее шероховатость (таблица).

Низкотемпературный отпуск делает эпюру устойчивых остаточных напряжений более плавной. В результате структурных изменений (уменьшение количества остаточного аустенита в упрочненном слое) увеличивается абсолютная величина остаточных напряжений сжатия. Их максимум находится у поверхности образца (фиг. 3, эпюра 11).

Формирование равномерного упрочненного нехрупкого слоя высокой твердости и значительных остаточных напряжений сжатия, а также уменьшение шероховатости поверхности оказывает существенное влияние на сопротивление усталости, и, особенно, коррозионной усталости. Результаты испытаний на многоцикловую уста-

лость на воздухе и в коррозионной среде - в 3%-ном водном растворе NaCl, проведенные на машине ИМА-30 при чистом изгибе, приведены в таблице.

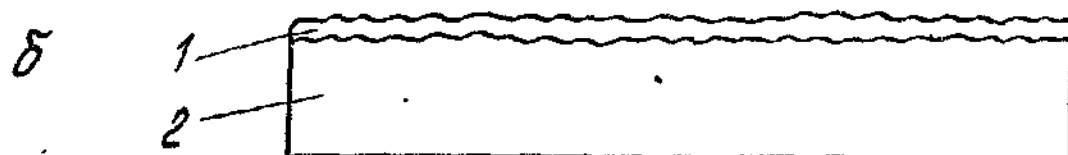
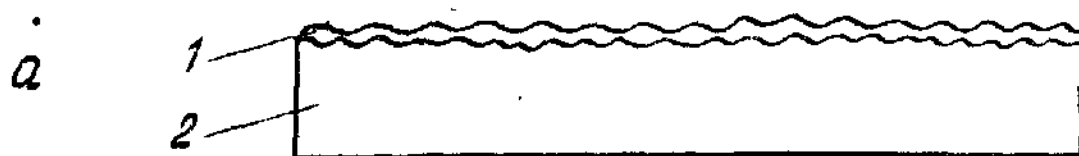
Усталостная прочность образцов из стали 40X (HRC 53) после упрочнения по предлагаемому способу на воздухе увеличилась в 2,2 раза по сравнению с усталостной прочностью образца, обработанного по известному способу. В коррозионной среде усталостная прочность увеличилась еще больше - более чем в 10 раз. Применение ТС - насыщенного водного раствора солей хлоридов магния и калия в предлагаемом спо-

собе обработки понижает усталостную прочность как на воздухе, так и в коррозионной среде. Отсутствия низкотемпературного отпуска понижает усталостную прочность особенно в коррозионной среде.

Таким образом, предлагаемый способ поверхностного упрочнения металлических изделий по сравнению с известным повышает качество поверхностных слоев изделий и тем самым улучшает их работоспособность при эксплуатации в условиях циклических нагрузок и коррозионной среды.

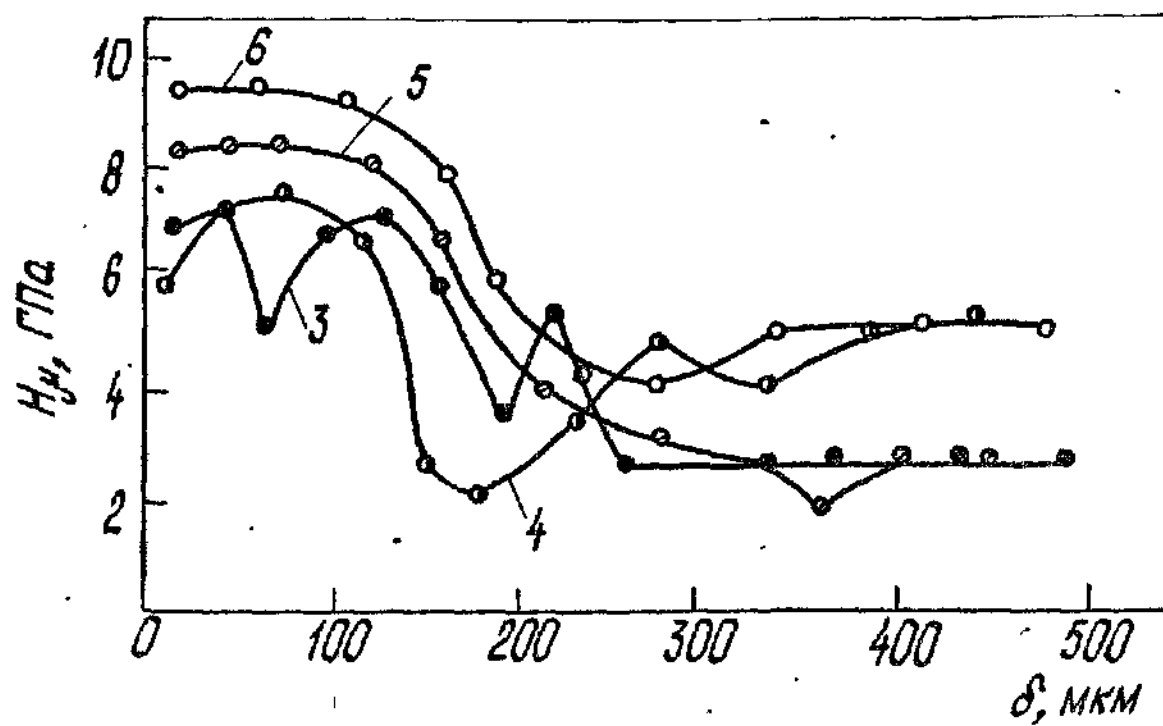
15

Материал	Способ обработки	ТС	Шероховатость, мкм	$\sigma^1$ , МПа		Применение
				воздух	3%-ный водный раствор NaCl	
40X (HRC 53)	известный	насыщенный водный раствор солей хлоридов магния и калия	1,25	360	50	База испытаний образцов на воздухе 20 млн циклов, в коррозионной среде, 50 млн циклов
- " -	- " -	масло	1,45	340	40	
- " -	предлагаемый		0,36	815	510	
- " -	(ПТПД+ППД + отпуск)					
- " -	предлагаемый	- " -	0,32	680	440	
40X (HRC 31)	предлагаемый, но без отпуска (ПТПД + ППД)	- " -	0,32	650	330	
- " -	предлагаемый, но с другой ТС	насыщенный водный раствор солей хлоридов магния и калия	0,63	450	210	
- " -						

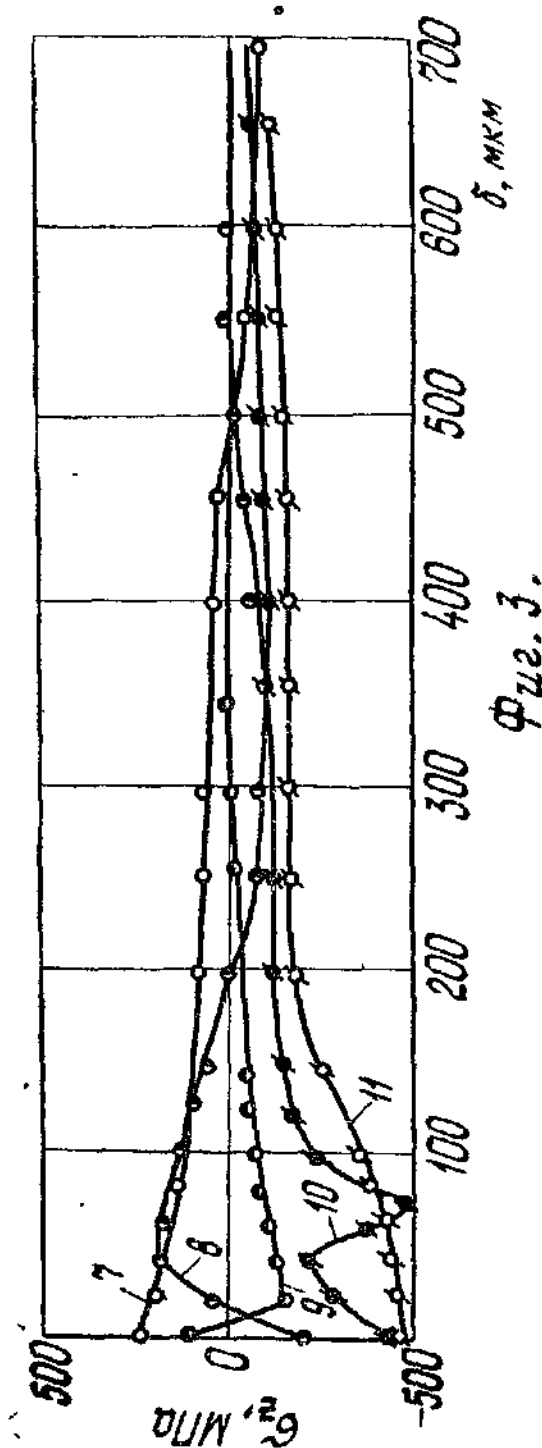


Фиг. 1.

25



Фиг. 2.



Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор О. Кравцова

Замовлення 4047

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101