

FRI-ONLINE-1-MR-03

PRODUCTION - TECHNOLOGICAL INDEX AND CHARACTERISTICS OF RESTORATION OF WORN-OUT MACHINE PARTS⁷

Prof. Plamen Kangalov, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria

Tel.: +359 82 888 457

E-mail: kangalov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Mitko Nikolov, DSc

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria

Tel.: +359 82 888 458

E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg

Eng. Vladislav Stoyanov, PhD stud.

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies,

“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria

***Abstract:** In this article technical and technical – economic indicator of restoration of worn out machine parts are analyzed. Ten types of restoration coating divided in four groups are considered, they are as followed: surfacing (submerged arc, shielding gas (CO₂) and liquid), gas thermal layering (electric arc and gas flame), electrolyte coatings (Chrome plating, Iron and Nickel plating). More than 80% of worn out parts are restored with the last group of methods.*

***Keywords:** restoration coatings, technological indicators, technical and economic indicators, restoration of details*

ВЪВЕДЕНИЕ

Съотношението между прилаганите основни методи за възстановяване на детайлите е твърде динамично, поради непрекъснатото усъвършенстване на отделните методи, също и от факта, че за много от детайлите съществуват алтернативни процеси за възстановяване. Използването им се определя освен от съчетаването на дефектите в детайлите, наличните мощности, придобитият опит и от годишната програма на производствените звена (сервиз, цех, завод), която съществено влияе върху себестойността на възстановените детайли.

Изборът на рационален метод за възстановяване на детайлите зависи до голяма степен от технологичните и технико-икономически показатели на процесите. От практиката е известно, че едни и същи детайли могат да бъдат възстановени с различни методи които да удовлетворяват физико-механичните изисквания към повърхностите. За да се получи пълна оценка е необходимо да се оценят и технико-икономическите показатели на различните методи.

Целта на настоящата работа е да се направи обобщен анализ на производствено-технологични показатели и характеристики на процесите за възстановяване на износени детайли получени с най-широко разпространените методи в ремонтната практика.

⁷ Докладът е представен на онлайн сесията на секция „Ремонт и надежност“ на 13 ноември 2020 г. с оригинално заглавие на български език: ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧНИ ПОКАЗАТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРОЦЕСИТЕ ЗА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ НА ИЗНОСЕНИ ДЕТАЙЛИ

ИЗЛОЖЕНИЕ

В табл. 1 се представени технико-икономическите показатели на 10 вида металопокрития (Kangalov P. 2019; Nikolov M., P. Kangalov 2012; Nikolov M. 2019; Nikolov, M., V. Stoyanov 2014; Nikolov M., P. Kangalov 2018; Nikolov M. 2017), които са разделени в четири групи. Наваряване (под флюс, защитен газ (CO₂) и плазмено наваряване), вибродъгово наваряване (в газови смеси (Ar+CO₂) и течност), газотермично напластяване (електродъгово и газопламъчно) и електролитни покрития (хромиране, пожелезяване и никелиране), с тези групи от методи се възстановяват над 80% от детайлите подлежащи на възстановяване от земеделската и автотракторна техника (Nikolov M., P. Kangalov 2012; Nikolov, M., V. Stoyanov 2014; Nikolov M., Kangalov P. 2018).

Производителността на тези методи е изразена чрез напластена площ за минута (dm²/min) и количество напластен метал в час (kg/h). Всички стойности на тези показатели са от еднакъв порядък. Значителни разлики има единствено при пожелезяването където производителността е 1,0-1,5 dm²/min независимо, че дебелината на покритието е малка. Най-голяма производителност (kg/h) се реализира при подфлюсовото наваряване и електродъговата метализация.

Таблица 1. Технико-икономически показатели на възстановителните металопокрития

№	Видове металопокрития	Показатели на металопокритията					
		Производителност,		Дебелина на покритието, mm	Разход на материали, g/dm ²	Технологична среда, l/dm ²	Разход на енергия, kWh
		dm ² /min	kg/h				
	1. Електродъгови						
1.1	под флюс	0,16-0,24	2-15	0,8-10	900	250 g/dm ²	10
1.2	във CO ₂	0,18-0,36	1,5-4,5	0,5-3,5	208	50	10
1.3	плазмени	0,45-0,72	0,5-5	0,2-5	111	150	20
	2. Вибродъгови						
2.1	в смес Ar+CO ₂	0,08-0,22	0,5-4	0,3-3	303	60	4
2.2	в течност	0,08-0,22	0,5-4	0,3-3	303	0,8	4
	3. Газотермични						
3.1	ел. дъгови	0,5-3	3-20	0,5-5	110	250	5
3.2	газопламъчни	0,35-0,8	2,5-3	0,2-2	83	40	-
	4. Електролитни						
4.1	хромиране	0,4-0,6	0,007-0,085	0,01-0,3	2,36	30 g/dm ²	3
4.2	пожелезяване	1-1,5	0,011-0,9	0,1-3,0	15	26 g/dm ²	2
4.3	никелиране	0,8-1,2	0,08-0,75	0,05-2,0	12	28 g/dm ²	2

Дебелината на възстановителните покрития достига до 10 mm при наваряване под слой от флюс, като най-малка е при хромирането.

Разходът на материали се отнася за отношението на подаден към детайла напластен материал на единица площ. Най-голям разход на материали има при електродъговото наваряване под слой от флюс, а най-малък при електролитните покрития.

Технологичната среда се отнася за спомагателните материали, които се консумират при напластяването на 1 dm². За метода заваряване под флюс това са 250 g флюс, който се използва при наваряването. За останалите процеси това са предимно защитни газове. Плазменото наваряване е свързано със значителен разход на инертен газ, който е и с най-висока цена. В газотермичното напластяване се използва 250 l/dm² въздух. За електролитните покрития към технологичната среда са отнесени съставите на електролитите в g които са необходими за напластяване на 1dm².

Разходът на енергия, е изразен в kW/h, изключение правят газопламъчните методи. Най-голям е разхода на енергия при плазменото наваряване и най-малък при пожелезяването (само 2 kW/h).

Технологическите характеристики на процеса за получаване на възстановителни металопокрития са представени в табл. 2 (Kangalov P. 2019; Nikolov, M., V. Stoyanov 2014; Todorov, E., M. Nikolov, G. Tonchev, P. Kangalov 2002; Stoikov S. 1982; Todorov, I. 2013; Stoyanov V., D. Bekana, T. Delikostov 2001).

За всички видове напластявания е необходима подготовка на напластяваната повърхнина, но докато за първите пет преобладаващо е само почистване на повърхнината, то при газотермичните и електролитните покрития е необходимо да се прилагат методи за специална подготовка на повърхнините за осигуряване на добро сцепление с основата.

Таблица 2. Технологически характеристики на процеса за получаване на възстановителни металопокрития

№	Видове металопокрития	Характеристики на металопокритията			
		Подготовка повърхнината на детайла	Вид на мех. обработка на покритието	Нагряване повърх. на детайла, °C	Термична деформация на детайла
	1. Електролъгови				
1.1	под флюс	почистване	струговане и шлифоване	700-1000	значителна
1.2	във CO ₂	почистване	струговане и шлифоване	600-800	малка
1.3	плазмени	почистване	шлифоване	600-800	малка
	2. Вибродъгови				
2.1	в смес Ag+CO ₂	почистване	струговане или шлифоване	600 - 800	малка
2.2	в течност	почистване	шлифоване	50 - 150	няма
	3. Газотермични				
3.1	ел. дъгови	дробеструйна	струговане или шлифоване	100-150	незначителна
3.2	газопламъчни	дробеструйна	струговане или шлифоване	100-150	незначителна
	4. Електролитни				
4.1	хромиране	шлифоване	шлифоване	20-60	няма
4.2	пожелезяване	шлифоване	шлифоване	20-80	няма
4.3	никелиране	шлифоване	шлифоване	20-80	няма

Като правило механичната обработка на възстановените покрития е затруднена поради сравнително голямата им твърдост. Обикновено възстановените детайли се обработват чрез струговане или шлифоване в зависимост от получената твърдост и изискванията към качеството възстановяваната повърхност.

Нагряването на наварената повърхност е различна за различните методи за възстановяване, също зависи и от дебелината на нанасяното покритие и масата на напластявания детайл. В табл. 2 са посочени максималните температури които се могат получат при прилагането на съответният метод. Възникването на термични деформации е пряко свързано с температурата и количеството на напластения метал и времето за напластяване. При електролитните покрития отсъстват термични деформации, тъй като температурата на електролита не превишава 80-90°C.

Производствените характеристики на работните места за възстановителни металопокрития се отнасят за площта, сложността на използваната апаратура, използване на аспирация, квалификацията на оператора и вредното въздействие върху оператора и околната среда (табл. 3), (Nikolov M., P. Kangalov 2012; Nikolov M. 2017; Todorov, E., M. Nikolov, G. Tonchev, P. Kangalov 2002; Stoikov S. 1973; Todorov, I. 2019; Stoyanov V., D. Bekana, T. Delikostov 2001; Delikostov T. 2020; Bekana D. 2020).

Инсталираната мощност е най-голяма също при плазмените процеси и най-малка за пожелезяването и никелирането. Необходимата площ за едно работно място е съпоставима, като най-голяма е площта на плазмените уредби, а най-малка за газопламъчното напластяване.

Сложността на апаратурата е най-голяма за плазменото наваряване и най-малка при вибродъговото наваряване в течност. Съответно и квалификацията на обслужващият персонал е най-висока при плазменото наваряване и ниска при вибродъговото наваряване в течност. За всички процеси е необходима аспирация поради отделянето на вредни вещества. Въздействието върху оператора при електродъговото наваряване и газотермичното напластяване е предимно светлинно, докато при електролитните покрития това са изпаренията от електролитите. При електродъговите газотермични процеси има значителен шум, който налага използването на антифони. Въздействието върху околната среда за горещите методи може да се оцени като незначително, като при електролитните покрития е необходимо изграждането на пречиствателни станции за отпадните води.

Таблица 3. Производствени характеристики на процеса за получаване на възстановителни металопокрития

№	Видове металопокрития	Производствени характеристики						Въздействие в/у околната среда
		Инсталирана мощност	Площ m ²	Сложност на апаратурата	Аспирация	Квалифи-кация на оператора	Въздействие в/у оператора	
		Работно място			Оператор			Околна среда
	1. Електродъгови	kW						
1.1	под флюс	15	20	средна	локална	средна	топлинно	незнач.
1.2	във CO ₂	10	20	средна	обща	средна	светлинно	незнач.
1.3	плазмени	30	25	голяма	обща	висока	светлинно	незнач.
	2. Вибродъгови							
2.1	в смес Ar+CO ₂	10	20	средна	обща	средна	светлинно	незнач.
2.2	в течност	10	16	малка	обща	ниска	светлинно	незнач.
	3. Газотермични							
3.1	ел. дъгови	10	20	сложна	локална	средна	светлинно и звуково	незнач.
3.2	газопламъчни		15	малка	обща	висока	светлинно	незнач.
	4. Електролитни							
4.1	хромиране	10	20	средна	локална	средна	киселини и вредни изпарения	съществено
4.2	пожелезяване	8	20	средна	локална	средна	киселини и вредни изпарения	средно
4.3	никелиране	6		средна	локална	средна	киселини и вредни изпарения	съществено

Характеристиките на разгледаните възстановителни методи трябва да се оценяват от гледната точка на сегашния етап от развитието им и понататъшното им подобряване. Всеки от методите в настоящия момент се развива в определени направления. Например вибродъговото наваряване се развива към използването на нови газови смеси и прилагането на нови материали за напластяване. Също и към усъвършенстване на апаратурата. Подфлюсовото наваряване разширява приложението си с използване на различни шихтови материали и флюсове.

Обща тенденция е, усъвършенстване на процесите с цел успешното им прилагане в дребносериенно и единично производство, при запазване на необходимото високо качество на напластената повърхнина. В областта на галваничните покрития тенденцията е в използване на извън ванно напластяване, прилагането на асиметричен ток и напластяване чрез натриване. Това позволява избягването на някои от известните недостатъци, като необходимостта от

локална аспирация, намалява се количеството на използвания електролит, увеличава се производителността, икономисва се енергия (няма нагриване на електролита). Електролитните покрития позволяват с промяна на технологическите режими получаването на покритията с желаните от нас свойства.

Обработката на покритията след напластяване изисква разработване и прилагане на нови технологии особено при възстановителните покрития с висока твърдост, поради тяхната трудна обработваемост с конвенционалните методи. Перспективно направление е нанасянето на многослойни покрития, като последния слой е с висока износоустойчивост и се нанася без последваща механична обработка

За увеличаване износоустойчивостта на детайлите при производството им се прилагат технологии, включващи няколко метода за възстановяване, с нанасяне на един или повече слоя за подобряване на сработването и подобряване на износоустойчивостта и други повърхностни свойства на покритията. За да се постигне на високо качество при възстановените детайли трябва да се приложат същите или подобни технологии и в областта на ремонта. Много от новите технологии могат веднага да бъдат усъвършенствани и приложени в областта на ремонта като при правилното им прилагане и комбиниране, ресурса на възстановените детайли може да превиши този на новите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определени са производствено-технологическите показатели и характеристики на най-често използваните в ремонтната практика методи чрез които се възстановяват над 80% от детайлите на земеделската и автотракторна техника.

2. Производителността на тези методи е от еднакъв порядък. Значителни разлики има единствено при пожелезяването където производителността е 1,0-1,5 dm²/min независимо, че дебелината на покритието е малка. Най-голяма производителност 2-20 kg/h се реализира при подфлюсовото наваряване и електродъговата метализация.

3. Значителна предварителна механична обработка е необходима при електролитните и газопламъчни методи за възстановяване, а окончателната механична обработка е затруднена при електродъговите и вибридъгови процеси на възстановяване.

REFERENCES

Bekana D. (2020) Optimizing the maintenance of agro-industrial equipment, Academic Publishing House University of Ruse p. 150, ISBN 978-954-712-800-2, (**Оригинално заглавие:** Бекана Д. (2020) Оптимизиране поддържането на аграрно-индустриалната техника, Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 150, ISBN 978-954-712-800-2).

Delikostov T., (2020) Management of fuel combustion of internal combustion engines from agricultural and tractor equipment by maintaining the food system. Scientific Monograph. Ruse, Academic Publishing House University of Ruse, p.136, ISBN 978-954-712-799-9, (**Оригинално заглавие:** Деликостов Т. (2020) Управление разгода на гориво на ДВГ от земеделската и автотракторна техника чрез поддържане на хранителната система – научна монография, Русе: Академично издателство Русенски университет, р.136, ISBN 978-954-712-799-9).

Kangalov P. (2019) Rebuilding electrolytic alloys coatings. Scientific Monograph. Academic Publishing House University of Ruse, p. 170, ISBN 978-954-712-785-2 (**Оригинално заглавие:** Кангалов П. (2019) Възстановителни покрития от електролитни сплави – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, р. 170, ISBN 978-954-712-785-2).

Nikolov M. (2017) Improving the quality of repaired machines through Pareto analysis, В: Agricultural Machinery 2017, Volume 2, Varna, pp. 113-115, ISBN 2535-0269, (**Оригинално заглавие:** Николов М. (2017) Повишаване качеството на ремонтираните машини чрез анализа на Парето, В: Agricultural Machinery 2017, Volume 2, Варна, с. 113-115, ISBN 2535-0269).

Nikolov M., Kangelov P. (2018) Total production maintenance as a means to ensure the quality of repaired machines. V: Agricultural Machinery 2018, Volume 1, Burgas, pp. 40-42, ISBN 2535-0269, (**Оригинално заглавие:** *Николов М., Кангалов П., (2018) Пълното производствено поддържане като средство за осигуряване качеството на ремонтираните машини. В: Agricultural Machinery 2018, Volume 1, Бургас, с. 40-42, ISBN 2535-0269).*

Nikolov M., P. Kangelov. (2012) Benefits from maintenance and repair in utilization of resources. IN: Mendeltech International 2012 – International Scientific Conference, No 1, Brno, ISBN 978-80-7375-625-3.

Nikolov M, (2019) Rebuilding Overlaid Coatings Obtained Through Vibrating Arc Overlaying Process in an Atmosphere of Shielding Gas and its Mixtures - Scientific Monograph, Academic Publishing House University of Ruse, p. 144. ISBN 978-954-712-756-2 (**Оригинално заглавие:** *Николов М. (2019), Възстановителни вибрационни покрития в защитни газове и техните смеси - научна монография, Русе: Академично издателство „Русенски университет, р. 144, ISBN 978-954-712-756-2).*

Nikolov, M., Stoyanov, V., (2014) Utilization of Resources in the Maintenance and Repair of Machines, Ruse, Ruse University Publishing Centre, p. 95, ISBN 978-954-712-607-7, (**Оригинално заглавие:** *Николов М., Стоянов В. (2014) Оплозотворяване на ресурсите при поддържането и ремонта на машините, Русе, Издателски център при Русенски университет, стр. 95, ISBN 978-954-712-607-7).*

Stoikov S. (1973) Comparative study of material and energy costs in the restoration of parts by automatic surfacing and galvanic coatings. B: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 15, s 1, Ruse, pp. 127-132. (**Оригинално заглавие:** *Стойков С. (1973) Сравнително изследване на материално енергийните разходи при възстановяване на детайлите чрез автоматично наваряване и галванични покрития, В: Научни трудове на РУ, том 15, серия 1, Русе, с. 127-132).*

Stoikov S. (1973) Comparative study of the performance in the restoration of parts by automatic surfacing and galvanic coatings. B: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 15, s 1, Ruse, pp. 121-126. (**Оригинално заглавие:** *Стойков С. (1973) Сравнително изследване на производителността при възстановяване на детайли чрез автоматично наваряване и галванични покрития, В: Научни трудове на РУ, том 15, серия 1, Русе, с. 121-126).*

Stoikov S. (1982) Some organizational-economic and technological issues of the rebuilding of details. Sb. Rebuilding of details, Kardzhali, pp. 12-18, (**Оригинално заглавие:** *Стойков С. (1982) Някои организационно-икономически и технологически въпроси на възстановяването на детайли. Сб. Възстановяване на детайли, Кърджали, стр. 12-18).*

Stoyanov V., D. Bekana, T. Delikostov, (2001) Repair as a form of recycling. B: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 38, s Mechanization, agricultural machinery and technologies, Ruse, pp. 93-96, ISSN 1311-3321, (**Оригинално заглавие:** *Стойков В., Д. Бекана, Т. Деликостов, (2001) Ремонт като форма за рециклиране, В: Научни трудове на РУ „Ангел Кънчев“, том 38, серия „Механизация, земеделска техника и технологии“, Русе, с.93-96, ISSN 1311-3321).*

Todorov, E., Nikolov M., Tonchev G., Kangelov P. (2002) The influence of the composition of the gas mixture on the electrical parameters of vibrating electrode arc welding of steels and cast irons parts from the sphere of automobile and tractor and agricul. IN: Autovehiculul, mediul simasina agricola AMMA 2002, Cluj-Napoca, 2002, pp. 27-32, ISBN 973 8335 60 4.

Todorov, I. (2013) Influence of the amplitude of vibrations on the technological parameters of the mode during vibroarc surfacing of details from the tractor and agricultural machinery. B: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 52, s 1.1, Ruse, pp. 293-296, ISSN 1311 3321, (**Оригинално заглавие:** *Тодоров И., (2013) Влияние на амплитудата на вибрации върху технологическите параметри на режима при вибродъгово наваряване на детайли от автотракторната и земеделска техника. В: Научни трудове на РУ „Ангел Кънчев“ том 52, с. 1,1, Русе, с. 293-296, ISSN 1311 3321).*

Todorov, I. (2019) A Research about Wear Process of Details from Belt Conveyor.// Agricultural, forest and transport machinery and technologies, 2019, No Vol. VI, pp. 5-10, ISSN ISSN 2367-5888.