

Състояние и развитие на електролитните методи за възстановяване на износени детайли

Пламен Кангалов

Abstract: В тази статия е разгледан перспективния метод за възстановяване на детайлите – нанасянето на електролитни възстановителни покрития. Направена е класификация на тези покрития по различни признаци: състав на покритието; свойства; начин на получаване. Разгледани са най-широко разпространените възстановителни покрития от чисти метали и сплави, конверсионни и композиционни покрития използвани при възстановяване на износени детайли от земеделската, горската, транспортната, пътно строителна и кариерна техника.

Keywords: Electrolytic Coating, Repair Coating, Electrodeposition of Metals and Alloys

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременното ремонтно възстановително производство разполага с различни методи, технологии и технически средства за възстановяване на износени детайли. Днес практически е възможно отстраняването на всякакви дефекти, с малки изключения.

Възстановяването на геометричните размери и (или) формата на работните повърхности на износените детайли може да се извършва с различни методи: нанасяне на различни метални и неметални покрития (наваръчни, електролитни, електрофизични, полимерни и други покрития) или посредством ремонтни размери, допълнителни детайли, преразпределение на материала на износените детайли и други [3,7,8,9].

Большинството детайли от земеделската, автотракторната, транспортната и пътно-строителната техника имат неголеми размери 20...50 (100) mm и износвания 0,1 ... 1,0 mm, работят при високи натоварвания, изменящи се във времето по величина и характер на въздействие [9]. Поради тази причина възстановяването на голяма част от износените детайли от съвременната техника могат да се възстановят чрез електролитни покрития.

Чрез подходящ избор на възстановително покритие е възможно значително повишаване на трайността и безотказността на възстановените детайли. При възстановяването на детайли се постига удължаване на жизнения цикъл на изделията и това е едно перспективно направление за постигането на значителни икономии на материали, енергия и опазване на околната среда.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Нанасянето възстановителни електролитни покрития е перспективен метод за възстановяване на износени детайли и в сравнение с другите методи има редица предимства:

- Възможност за нанасяне на възстановителни покрития с точно определена дебелина и голяма равномерност;
- Възможност за нанасяне на възстановителни покрития върху детайли от различни материали;
- Възможност за възстановяване размера на детайла без последваща механична обработка;
- Не предизвиква термични деформации и фазови превръщания в детайлите;
- Възможност за едновременно възстановяване на група от детайли;
- Възможност за нанасяне на многослойни покрития от различни метали и сплави без междинна обработка;
- Възможност за нанасяне на покрития върху детайли със сложна конфигурация.

Възстановителните електролитни покрития се използват за защита на детайлите от корозия, за защитно-декоративни цели; за възстановяване на размерите и формата

на износени детайли и подобряване на трибологическите и физико-химичните им свойства.

Възстановителните електролитни покрития се отличават с голямо разнообразие и могат да бъдат класифицирани по различни признаци: състав на покритието; свойства; начин на получаване. Според своя състав могат да бъдат разделени на следните групи:

- Монометални покрития;
- Покрития от сплави на два и повече метала;
- Композиционни покрития;
- Конверсионни покрития;
- Полимерни покрития.

Исторически, в при възстановяването на износени детайли, първо приложение са използвани покрития от чисти метали хром, желязо, никел, цинк, мед (Cr, Fe, Ni, Zn, Cu и др.).

Хромирането е един от най старите галванични процеси използвани при възстановяването на детайли [2, 3, 4, 7, 8, 11, 12]. Електролитния хром има превъзходни експлоатационни свойства (висока твърдост достигаща 10000 ... 13000 МПа, висока износоустойчивост – до два-три пъти превишаваща тази на закалена Ст.45, нисък коефициент на триене, висока корозионна устойчивост. Покритията се получават от хроматни, бихроматни и тетрахроматни електролити. Основни технологични параметри с които се управлява процеса за получаване на хромови покрития това са плътността на тока ($Dk, A/dm^2$) и температурата на електролита ($t, ^\circ C$). В зависимост от използвания електролит и режим на електроотлагане могат да се получат блестящи, млечни, сиви и порести покрития с желаните от нас трибологически свойства. Най-подходящи за възстановяване на износени детайли са блестящите покрития. Те притежават висока твърдост, износоустойчивост и здрава връзка с основата. Матовите покрития имат относително по-малка твърдост, но се отличават с по-голяма еластичност и намират приложение при възстановяване на детайли работещи при ударно динамично натоварване. Скоростта на напластяване при процеса на хромиране е сравнително ниска (0.02 ... 0.05 mm/h), поради ниската използваемост на тока (13 ... 18 %), като максималната дебелина на възстановителното покритие е сравнително малка (0.1 ... 0.3 mm).

Особен интерес представлява получаването на т.н. порест хром, който много добре задържа в порите си масления слой и предпазва детайлите от сухо и гранично триене и се препоръчва за възстановяване на детайли работещи в условията на гранично триене. Порестия хром се получава при съчетаването на голяма токова плътност и ниска температура. Количеството на микропорите може да бъде увеличено изкуствено чрез допълнителна анодна обработка на покритието в електролита използван за получаването му.

Пожелезването също е намерило широко приложение при възстановяването на детайли [2, 3, 4, 7, 8, 11, 12]. Железните възстановителни покрития притежават висока твърдост (6500 ... 7000 МПа) и износоустойчивост особено в условията на гранично мазане. Това се обяснява с игловидната кристална структура и бързото образуване на окисни филми в процеса на триене. Електролитното желязо може да се навъглеродява, борира или азотира, заварява се лесно и може да се отлага върху чугун, стомана, мед и др., като върху него лесно могат да се отлагат покрития от други метали. Скоростта на отлагане на желязото е една от най-високите между електрохимичните метални покрития 0,2 ... 0,4 mm/h, поради високата използваемост на тока (до 90%). Максималната дебелина на покритието достига 2 ... 3 mm.

За нанасянето на електролитно желязо се използват основно хлоридни и сулфатни електролити. Електролитите се получават от достъпни материали и с малко разходи - 6 ... 7 пъти по-ниски от хромирането. Например можем да получим хлориден

електролит за пожелезяване чрез разтваряне на стружки от нисковъглеродна стомана в солна киселина.

Друго предимство на пожелезяването е значително по-малката вредност на електролитите, което се дължи на намалената опасност от присъствието на железни йони във отпадните води, тъй като те могат да присъстват в разтворено състояние само в кисела среда. Типичната киселинност на отпадните води, води до образуване на утайки от хидроокиси на желязото, което позволява лесното им отделяне, чрез утаяване и филтруване.

Физикохимичните и експлоатационни свойства на железните възстановителни покрития могат да се променят в широки граници в зависимост от условията и средата на електролизата. Като основни управляеми параметри на процеса на пожелезяване се използват: плътност на тока (Dk , A/dm^2); температурата на електролита (t , $^{\circ}C$); киселинност на електролита (pH); концентрация на железните йони в електролита (C_{Fe}). При малки плътности на тока, висока температура и концентрация на електролита се получават меки и еластични покрития. С увеличаването на плътността на тока и понижаването температурата и концентрацията на електролита твърдостта и износостойчивостта на покритията се повишава. Режим на напластяване трябва да бъде избран в зависимост от условията на работа на възстановявания детайл.

Особено перспективно направление за управляване на физико-химичните и експлоатационни свойства на получените покрития това е използването на променлив и импулсен ток, с изменението на параметрите на който могат да се получават покрития с необходимата (зададена) структура и свойства.

Електролитните покрития от **никел**, **цинк** и **мед** се използват за защитно-декоративни цели и като технологични подслоеве при възстановяването на детайлите [2, 3, 4, 7, 8, 11, 12]. За нанасянето на тези покрития най-често се използват прости електролити на основата на минерални киселини. Електролитите обикновено съдържат следните компоненти: метална сол (хлорид, сулфат, борфлуорид и т.н.), вещества повишаващи електропроводимостта на електролита, вещества стабилизиращи киселинността на електролита, вещества подобряващи разтворимостта на анодите и бляскообразователи.

Никеловите покрития, въпреки високия си блясък, твърдост и добрата износостойчивост, не се използват самостоятелно за защитно декоративни цели, тъй като образуват много пори и не защитават детайлите от черни метали от електрохимична корозия. Дебелината на никеловото покритие при, която се получава безпорест слой, зависи от много фактори (граповост на детайла, вид на електролита и др.) и обикновено трябва да бъде повече от 20... 30 μm . За икономия на скъпия и дефицитен никел, обикновено се нанася многослойно покритие в комбинация с медта, която образува безпорести покрития. Най-често използваните варианти са: **Ni-Cu-Ni** (3 μm -25 μm -10 μm); **Ni-Cu-Ni-Cr** (3 μm -25 μm -10 μm -1 μm) [3]. Никеловото покритие с висока твърдост има добра износостойчивост и се използва за възстановяване на износени детайли.

Цинковите покрития се прилагат основно за защита на детайли от черни метали от корозия (болтове, гайки, оборудване работещо в агресивна среда, като подслон преди нанасяне на ЛБП и др.). За повишаване на корозионната устойчивост на **Zn**, покритията могат да бъдат хроматирани или фосфатирани. Предимствата на електрохимичното нанасяне на цинкови покрития в сравнение с другите методи (потопяне в разтопен **Zn**, термодифузионен, газопламъчен) са следните: висока чистота на **Zn**; по-висока корозионна устойчивост, дължаща се на високата чистота; малък разход на материали и възможност за точно регулиране дебелината на покритието; добри механични свойства.

Медните покрития, по принцип, самостоятелно не се използват за защитно-декоративни цели, а в комбинация с други покрития. Недостатък на сулфатните електролити за помедняване е, че при потопяне на железни детайли в електролита протича контактно отделяне на **Cu**, която има много лошо сцепление с основата. За пре-

дотвърпяване на този процес обикновено се нанася тънък подслой от никел или се използва цианиден или борфлуориден електролит за помедняване. Медните покрития могат да се използват: за защита на детайлите от навъглеродяване при циментация (48... 60 μ m); като подслой преди нанасяне на лаково-бояджийски покрития (15 ... 25 μ m); като подслой при възстановяване на детайли от бронз (0.1 ... 3.0 mm) с последващо нанасяне на антифрикционно покритие; за защита на детайлите от фретинг износване (15 ... 25 μ m) и др.

Конверсионните покрития са неметални покрития получени чрез превръщане на външните атомни слоеве на металната повърхност на детайлите в нови, неметални форми с качества различни от основната повърхност [3,6]. Тези покрития се получават по химичен и електрохимичен път (анодиране, оксидиране, фосфатиране, сулфатиране и др.). При възстановяването на детайлите тези покрития се използват за предпазване на металите от корозия и за повишаване качествата на възстановените работни повърхнини. Най-широко приложение е намерило анодирането алуминия и неговите сплави. Получените покрития служат за повишаване износоустойчивостта, противозадирните свойства, корозионната и термоустойчивост, а също така и като подслой за нанасяне на други електролитни покрития.

Композиционните електролитни покрития са получени за първи път в началото на 20-те години на XX век. Тези покрития са съставени от метална матрица (електролитно покритие) с включени в нея (до 30 ... 40%) метални прахове, оксиди, карбиди, нитрити, бориди, съединения със слоеста структура (сляда, графит), полимерни прахове и др. [1, 3, 11, 12]. Включванията от прахове в покритието значително повишават износоустойчивостта и антифрикционността на покритията. Композиционните покрития се получават от електролитни суспензии, съставени от течна фаза (електролит) и твърда фаза (прахообразен материал). При смесването на двете фази между тях протича адсорбционно взаимодействие при което на прахообразните частици се придава определен заряд (най-често отрицателен) при което частиците се враждат в полученото покритие. Получените покрития се използват за възстановяване и повишаване на ресурса на детайли работещи при триене на плъзгане.

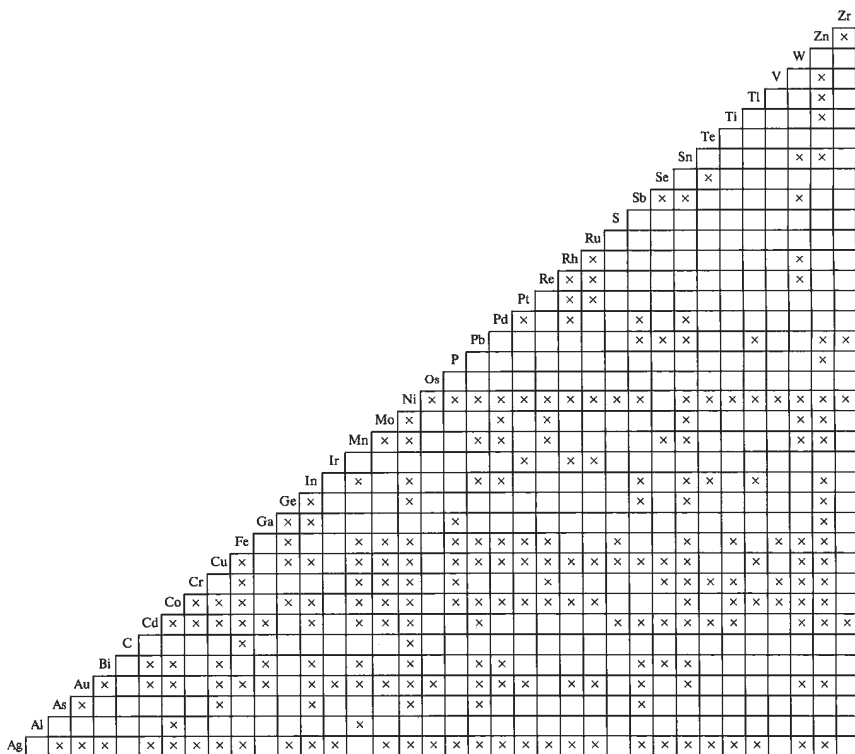
Едно от съвременните направления при възстановяване на детайлите с електролитни покрития, това е получаването на възстановителни сплавни покрития.

При получаването на **електролитни сплави** ние можем да управляваме в значително по-голям диапазон физико-химичните и механични свойства на покритията, което трудно бихме достигнали при нанасянето на другите видове покрития. Много често свойствата на получените електролитни покрития се различават от тези на металургично получените сплави. В настоящия момент са известни над 100 сплави (фиг.1).

В зависимост от броя на металите те могат да бъдат: двойни, тройни и многокомпонентни сплави. Свойствата на много от сплавите за които са известни рецептури за получаването им [2, 3, 5, 10, 11, 12], са недостатъчно изучени, което възпрепятства тяхното широко приложение при възстановяването и превантивното напласяване на детайли.

В зависимост от тяхното предназначение те могат да бъдат:

- износоустойчиви (Fe-Ni, Ni-Cr, Fe-Cr, Co-Cr и др.);
- антифрикционни (Pb-Sn, Pb-In, Pb-Cu, Pb-Ag, Sn-Sb, Sn-Cu, Zn-Fe и др.);
- антикорозионни (Zn-Cd, Cu-Zn, Cu-Sn, Zn-Fe, Zn-Ni, Pb-Sn и др.);
- защитно-декоративни (Ni-Co, Ni-Zn, Ni-Cd, Au-Cu; Au-Ni и др.);
- сплави притежаващи магнитни свойства (Ni-Co, Ni-Fe, Fe-Co и др.)



Фиг. 1. Диаграма на двойните електролитни сплави

ИЗВОДИ

1. Електролитните възстановителни покрития се отличават с голямо разнообразие могат да бъдат класифицирани по различни признаци и се използват за възстановяване на широка номенклатура от износени детайли;

2. Особено перспективни, но недостатъчно изучени са сплавните и композиционните електролитни покрития, които дават възможност за значително подобряване на физико-механичните и трибологическите свойства на възстановените детайли.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бородин И.Н. Порошковая гальванотехника. М.: Машиностроение, 2000. - 240 с.
- [2] Дасоян М.А. и др., Технология электрохимических покрытий. — Л.: Машиностроение, 1989. - 391 с.
- [3] Василев В. С., Кангалов Пл. Г. и др. Технология на възстановяване на детайлите. Русе: РУ "Ан.Кънчев", 1996.
- [4] Вячеславов П.М. Новые электрохимические покрытия. Л.: Лениздат, 1972. - 264 с.
- [5] Вячеславов П.М. Электролитическое осаждение сплавов. Л.: Машиностроение, 1986. - 112 с.
- [6] Плетнев Д.В., Брусенцова В.Н. Основы технологии износостойких и антифрикционных покрытий. М.: Машиностроение, 1968. – 272 с.
- [7] Стойков С.Н. Технология на ремонта на автомобилите. Русе : ВТУ , 1986.- 348 с.
- [8] Шадричев В. А. Основы на технологията на автомобилостроенето и ремонта на автомобилите . С.: Техника 1981

[9] Шадричев В. А. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытия. М.: Транспорт 1962.

[10] Brener A. Electrodeposition of Alloys. - New York : Academic Press , 1963 .- v.1 , v.2

[11] Safranek W.H., The properties of electrodeposited metals and alloys. Elsevier, NY 1986.

[12] Schlesinger M., Paunovic M. Modern Electroplating – New York : John Wiley & Sons, Inc., 2010

За контакти

проф. д-р инж. Пламен Кангалов, катедра “Ремонт, надеждност, механизми, машини, логистични и химични технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 441, e-mail: kangalov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.