

УДК 620.179.14

ІМПУЛЬСНЫ МАГНІТНЫ КАНТРОЛЬ ЯКАСЦІ ВОДПУСКУ ВЫРАБАЎ З ХУТКАРЭЗНАЙ СТАЛІ Р9 ПА СТАНДАРТНЫХ МАГНІТНЫХ ПАРАМЕТРАХ

Бурак В.А., Караткевіч З.М.

Інстытут прыкладной фізікі НАН Беларусі
Мінск, Рэспубліка Беларусь

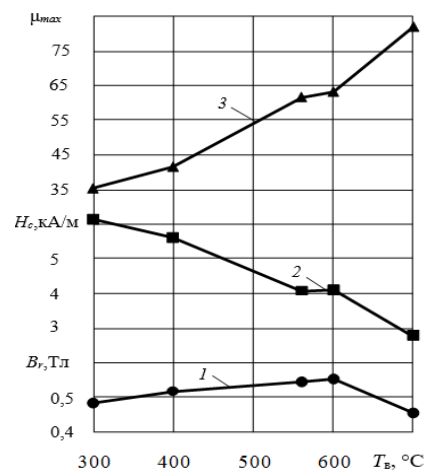
Неразбуральны кантроль структурнага стану рэжучага інструменту з розных марак сталяў з'яўляецца актуальнай задачай павышэння якасці і эканамічнасці розных тэхналагічных працэсаў. Добрыя эксплуатацыйныя ўласцівасці і іх стабільнасць на працягу доўгага часу вызначаюцца хімічным складам і тэрмічнай апрацоўкай, якой падвяргаюцца вырабы. Хуткарэзныя сталі, да якіх адносіцца сталь Р9, знайшлі шырокае прымяненне пры вытворчасці разнастайнага інструменту. Гэтыя сталі маюць высокую цвёрдасць і добрую зносаўстойлівасць, якая забяспечваецца дастатковай для насычэння легіруючымі элементамі тэмпературай нагрэву пад загартоўку і трохразовым водпускам пры тэмпературах ад 550 да 570 °С [1].

У якасці аб'ектаў даследавання былі ўзятыя свердзелы, вырабленыя на ААА «Аршанскі інструментальны завод» з хуткарэзнай сталі Р9. Свердзелы былі загартаваныя ад рэкамендаванай у нарматыўна-тэхнічнай дакументацыі тэмпературы 1225 °С з вытрымкай цягам дзвюх хвілін, а пасля падвергнутыя водпуску пры тэмпературах 300, 400, 560, 600 і 700 °С цягам адной гадзіны.

Раней аўтарамі былі праведзеныя даследаванні [2], падчас якіх было вызначана, што па велічыні градыента нармальнай састаўляючай напружанасці поля астаткавай намагнічанасці ажыццяўляць імпульсны магнітны кантроль якасці праведзенага водпуску не падаецца магчымым. Перспектывным напрамкам далейшага развіцця магнітнага метаду кантролю якасці тэрмаапрацоўкі і структурнага стану інструментальных хуткарэзных сталяў з'яўляецца вывучэнне ўплыву тэмператур нагрэву пад загартоўку і пры водпуску на параметры пяці магнітнага гістэрэзісу, атрыманай падчас імпульснага намагнічвання і вымярэнняў ферамагнітных узораў і вырабаў у разамкнёным магнітным ланцугу ў прахадным датчыку. Выкарыстанне прахаднага датчыка для вырабаў са складанай формай паверхні і вялікім значэннем адносін даўжыні да дыяметра дазваляе выключыць уплыў краявога эфекту і атрымаць інтэгральную ацэнку структурнага стану ўсяго вырабу, а не асобнай ягонай часткі, як у выпадку намагнічвання і вымярэння накладным датчыкам імпульсных магнітных аналізатараў.

Намагнічванне і перамагнічванне ў прахадным датчыку свердзел са сталі Р9 ажыццяўлялася прыборам для вымярэння магнітнай індукцыі ІМІ-І [3] імпульсным магнітным полем працягласцю 400 мс і амплітудай каля 60 кА/м,

што дазволіла атрымаць для даследуемых вырабаў стан, блізкі да тэхнічнага насычэння. Для далейшага разгляду па атрыманых для кожнага са свердзел петлях магнітнага гістэрэзісу былі ўзяты наступныя стандартныя магнітныя характарыстыкі: каарцытыўная сіла H_c , астаткавая магнітная індукцыя B_r і максімальная магнітная пранікальнасць μ_{max} , залежнасці якіх ад тэмпературы можна пабачыць на малюнку 1.



Малюнак 1 – Залежнасці астаткавай магнітнай індукцыі B_r (1), каарцытыўнай сілы H_c (2) і максімальнай магнітнай пранікальнасці μ_{max} (3) свердзелаў са сталі Р9 ад тэмпературы водпуску

Выбар такіх інфарматыўных параметраў абумоўлены тым, што інфармацыю пра залежнасці прыведзеных вышэй магнітных велічынь ад тэмпературы тэрмаапрацоўкі можна параўнаць з прадстаўленымі ў [4], атрыманымі для ўзораў простаі формы ў замкнёным магнітным ланцугу. Супастаўленне эксперыментальных і запазычаных з літаратуры дадзеных дазваляе гаварыць пра тое, што заканамернасці змянення велічыняў каарцытыўнай сілы H_c , астаткавай магнітнай індукцыі B_r і максімальнай магнітнай пранікальнасці μ_{max} , вызначаных пры розных значэннях тэмпературы водпуску, для вымераных у замкнёным магнітным ланцугу цыліндрычных узораў са сталі Р9 падобныя да вымераных у разамкнёным магнітным ланцугу свердзел з той жа маркі сталі негледзячы на складаную фасоную паверхню вырабаў.

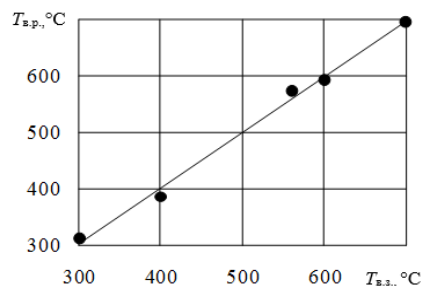
Як бачна з прадстаўленых на малюнку 1 залежнасцей, для вырашэння задачы неразбуральнага магнітнага кантролю якасці праведзенага водпуску свердзел са сталі Р9 можна

выкарыстоўваць максімальную магнітную пранікальнасць μ_{max} (крывая 3, малюнак 1), якая адназначна ўзрастае з павышэннем тэмпературы нагрэву пры водпуску і мае дастаткова добрую адчувальнасць, не ніжэй за 14% на 100 °С ва ўсім дыяпазоне змянення тэмператур, у тым ліку каля 5% на 100 °С на ўчастку тэмператур водпуску, рэкамендаваных стандартам. Для каарцытыўнай сілы H_c (крывая 2, малюнак 1), што таксама адназначна змяняецца з ростам тэмпературы водпуску, на ўчастку рэкамендаванай для атрымання патрабаванага стану тэмпературы водпуску, якая складае 560 °С, адчувальнасць у два разы меншая, чым для максімальнай магнітнай пранікальнасці. Неразбуральны імпульсны магнітны кантроль якасці водпуску свердзелаў са сталі Р9 па велічыні астаткавай магнітнай індукцыі B_r (крывая 1, малюнак 1) мае цяжкасці з прычыны неадназначнай залежнасці гэтага стандартнага магнітнага параметра ад тэмпературы даследуемай тэрмаапрацоўкі і яго малой адчувальнасці.

Распрацоўка шматпараметровых рэгрэсійных мадэляў з'яўляецца адным з найбольш простых спосабаў павышэння дакладнасці, стабільнасці і адчувальнасці неразбураючага кантролю. Выкарыстанне такога падыходу да кантролю якасці водпуску свердзелаў з хуткарэзнай сталі Р9 прывяло да добрых вынікаў. На малюнку 2 прадстаўлена залежнасць велічынь тэмператур водпуску, разлічаных па лінейнай рэгрэсійнай мадэлі, у якой выкарыстоўваюцца разгледжаныя стандартныя магнітныя характарыстыкі, ад зададзеных падчас тэрмаапрацоўкі, якія забяспечваюць неабходны для надзейнай эксплуатацыі структурны стан свердзелаў.

Атрыманая для разліку тэмпературы водпуску свердзелаў са сталі Р9 шматпараметровая рэгрэсійная мадэль па стандартных магнітных параметрах, якая звязвае памераныя пры імпульсным намагнічванні і перамагнічванні ў праходным датчыку ў разамкнёным магнітным ланцугу каарцытыўную сілу H_c , астаткавую магнітную індукцыю B_r і максімальную магнітную пранікальнасць μ_{max} , мае добрую дакладнасць – каэфіцыент карэляцыі R роўны 0,997, а таксама малы роскід значэнняў –

сярэднекватратнае адхіленне $\sigma = 0,038$ °С. Аналагічныя велічыні для залежнасці максімальнай магнітнай пранікальнасці ад тэмпературы нагрэву пры водпуску складаюць $R = 0,985$ і $\sigma = 0,085$ °С.



Милунак 2 – Залежнасць разлічанай па рэгрэсійнай мадэлі тэмпературы водпуску ад зададзенай тэмпературы водпуску свердзелаў са сталі Р9

Разгледжаныя стандартныя магнітныя характарыстыкі, памераныя ў праходным датчыку ў разамкнёным магнітным ланцугу, з'яўляюцца магчымым варыянтам як аднапараметровага (пры выкарыстанні ў якасці інфарматыўнага параметра максімальнай магнітнай пранікальнасці μ_{max}), так і шматпараметровага імпульснага магнітнага кантролю якасці водпуску свердзел з хуткарэзнай сталі Р9.

Літаратура

1. Геллер, Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А. Геллер. – М.: Металлургия, 1968. – 568 с.
2. Бурак, В.А. Контроль качества термообработки быстрорежущей стали Р9 импульсным магнитным методом / Бурак В.А., Короткевич З.М., Баранов Д.П. // Приборостроение–2012: материалы Междунар. науч.-техн. конференции, Минск, 21–23 ноября 2012 г.; редкол.: О.К. Гусев (председ.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 138–140.
3. Короткевич, З.М. Особенности контроля качества термообработки изделий из стали У8А при двухполярном несимметричном импульсном намагничивании / В.А. Бурак, З.М. Короткевич // Весті НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. Навук. – 2019. – № 4. – С. 398–405.
4. Купалова, И.К. Магнитный контроль качества заковки и отпуска быстрорежущих сталей. – Физика металлов и металловедение, 1964, т.18, вып. 1.– С. 39–46.

УДК 621

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ ПРИ НАЛИЧИИ ТРЕЩИН

Счастный А.С., Осипов А.А.

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Неразрушающий контроль толщины упрочненного слоя является важным условием, которое обеспечивает долговечность и надежность выпускаемой продукции [1].

Возможность контроля и его надежность существенным образом зависят от различия между магнитными свойствами упрочненного поверхностного слоя и внутреннего незакаленного слоя [2].