

# ИССЛЕДОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ШТАМПОВОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

В. А. БАГРОВ

Штамповочное производство является одним из основных в металлообрабатывающих отраслях промышленности. Качество поковок и штампованных деталей в значительной мере определяется стойкостью инструмента-штампа. Анализ условий его работы показывает, что причинами его износа являются истирание, схватывание первого и второго рода, образование разгарных трещин, хрупкое разрушение, смятие и т. д. Одним из распространенных методов восстановления штамповочного инструмента является наплавка. Основными требованиями, предъявляемыми при этом к наплавочным сплавам являются износостойкость, разгаростойкость, теплостойкость, технологичность нанесения этих сплавов и последующей обработки. Высокая надежность и эффективность работы штамповочного инструмента в значительной мере зависит от своевременной и правильной оценки свойств как металла инструмента, так и восстановленных наплавкой рабочих поверхностей. В практике не уделяется должного внимания диагностике структурного состояния металла рабочей зоны, хотя в течение всего периода эксплуатации происходят непрерывные накапливающиеся структурные изменения, вызванные температурными и механическими воздействиями и влияющие на износостойкость и долговечность штамповочного инструмента.

При формировании полной и достоверной картины о структуре, механических свойствах и напряженном состоянии наплавленного металла с учетом зоны проплавления все большее применение получают физические методы контроля качества, среди которых предпочтение отдается неразрушающим [1]. Высокой чувствительностью к изменению структуры и напряженного состояния в металлах обладают методы коэрцитивной силы, контактной разности потенциалов, экзoeлектронной эмиссии, термоэлектрический и др.

Целью данной работы являлось повышение долговечности штамповочного инструмента путём восстановительной наплавки и установление взаимосвязи между электрофизическими свойствами и износостойкостью изучаемых сплавов.

Исследования производились на мартенситно-старееющих безникелевых сплавах системы Fe–Cr–Mn–Mo–Ti–Si (сплав А), ограниченно легированных хромом. В качестве эталонов использовали мартенситно-старееющий сплав 08X6H8M7C и серийно применяемую при изготовлении штамповочного инструмента сталь 5ХНМ. Наплавка опытным порошковыми проволоками производилась на сварочном тракторе ТС-17 с подачей обесточенной порошковой проволоки в головную часть сварочной ванны на сталь 20 [2]. Образцы для исследования

износостойкости вырезались из верхней части наплавленного металла и подвергались термической обработке (выдержке в печи в течение 2 ч при температуре 873 К с последующим остыванием на воздухе). Подготовка поверхностей трения для исследования износостойкости сплавов и стали 5ХНМ проводилась шлифовкой на абразивной шкурке зернистостью М40 с последующей тонкой шлифовкой на ватмане с применением алмазной пасты АС 60/40. Твердость измерялась на приборе ТК-2 по шкале С. Лабораторные испытания износостойкости проводились на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме диск – колодка. При этом использовали следующие режимы трения: нагрузка на образец 50 Н; материал контртела — сталь 45 термообработанная твердостью HRC 48; скорость вращения контртела 0,5 м/с; длина пути трения 300 м. Определяли как линейный, так и массовый износ. Для установления взаимосвязи между износостойкостью и электрофизическими характеристиками сплавов был применен термоэлектрический метод, основанный на эффекте Зеебека [3], который базируется на взаимосвязи электрических и тепловых явлениях горячего спая. Сущность его заключается в том, что при подогреве спая двух разнородных металлов и наличии разности температур между ними в месте контакта наблюдается движение электронов и возникает термоэдс описываемая выражением

$$d\varepsilon = (\alpha_1 + \alpha_2)dT, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — термоэдс в цепи, мкВ;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — коэффициенты термоэдс пары материалов, находящихся в контуре, мкВ/К;  $T$  — средняя температура контакта, К.

Измерение коэффициента термоэдс осуществлялось с помощью прибора, разработанного в лаборатории неразрушающего контроля Украинской инженерно-педагогической академии. Общий вид и блок-схема прибора приведены на рис. 1. В основу его работы положен принцип дифференциального контура, сущность которого состоит в измерении разности термоэдс, возникающей в местах контакта контролируемого образца с горячим электродом, а также последнего с эталоном. В данном приборе в качестве эталона применена медь М1. В связи с тем, что между термоэдс и температурой спая нет прямой зависимости, в приборе регистрируется коэффициент термоэдс. Его измерение осуществлялось следующим образом. Контролируемый металл 1 (рис. 1, б) устанавливался между холодным 2 и горячим 3 электродом. Термопара 4 и регулятор температуры 5 поддерживали температуру горячего электрода равной 343 К с помощью нагревателя 6. Таким образом, в цепи холодный электрод–образец — горячий электрод возникла термоэдс, значения

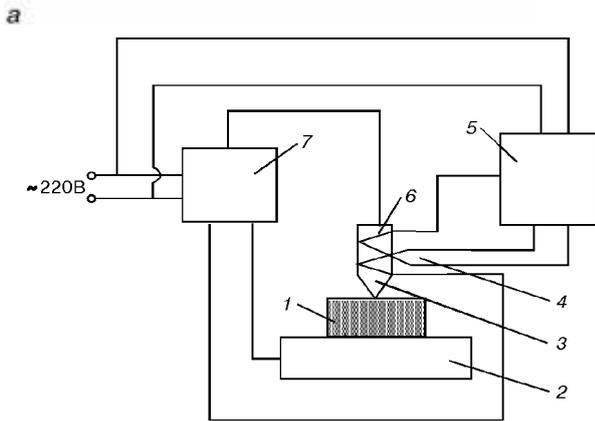


Рис. 1. Общий вид (а) и блок-схема (б) устройства для измерения коэффициента термоэдс (обозначения в тексте).

коэффициента которой снималось с цифрового измерительного устройства 7. Расчет суммарных термоэдс в контуре медь–сталь 45 и исследуемый сплав–медь проводился исходя из правила аддитивности с учетом знаков [3] по выражению

$$\epsilon_{1,3} = \epsilon_{1,2} + \epsilon_{2,3}, \quad (2)$$

где  $\epsilon_{1,3}$ ,  $\epsilon_{1,2}$ ,  $\epsilon_{2,3}$  — термоэдс соответственно стали 45 и исследуемого сплава, стали 45 и горячего электрода, горячего электрода и исследуемого сплава.

В процессе измерений получены следующие значения коэффициентов термоэдс для исследуемых материалов: +3,7 — стали 5ХНМ; +3,8 — стали 45; +3,19 — сплава 08Х6Н8М7С; +5,9 — 35 ХГСА; -6,4 — сплава А. При этом положительные значения указывают на то, что ток протекает от исследуемого материала к горячему электроду, а отрицательные — в противоположном направлении.

Обработка результатов исследования износостойкости исследуемых сплавов на установке трения 2070 СМТ-1 показала, что мартенситностаряющие сплавы системы Fe–C–Cr–Mn–Mo–Ti–Si, имея приблизительно одинаковую твердость с эталонными материалами (сталью 5ХНМ и сплавом 08Х6Н8М7С), не уступают им по износостойкости (рис. 2), что можно объяснить наличием значительного количества карбидов титана и интерметаллических соединений [2, 4].

Анализ полученных результатов показывает, что значения коэффициентов термоэдс колеблются

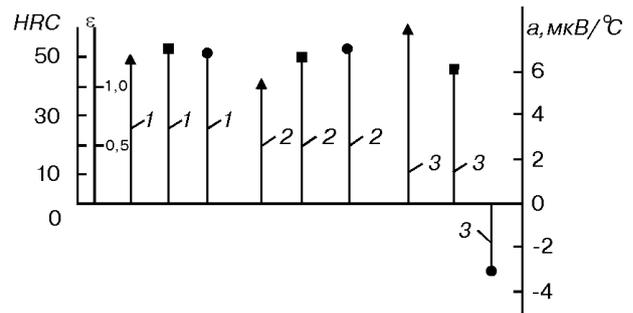


Рис. 2. Твердость (1), относительная износостойкость (2) и коэффициент термоэдс (3) относительно стали 45 сплавов: ● — А; ■ — 08Х6Н8М7С; ▲ — стали 5ХНМ.

в небольших пределах, и по ним с учетом разницы температур исследуемые сплавы можно разложить в термоэлектрический ряд: сплав А — с термоэдс -4,48 мВ; 08Х6Н8М7С — +2,23 мВ; 5ХНМ — +2,29 мВ; сталь 45 — +2,6 мВ; 35ХГСА — +4,13 мВ. Расчеты суммарных термоэдс в контуре сталь 45–исследуемый сплав показали, что термоток минимален в контуре сталь 45–сплав А (рис. 2).

Производственные испытания восстановленных наплавкой обесечных матриц горячего деформирования деталей из стали 35ХГСА подтвердили полученные результаты лабораторных исследований по установлению корреляции между износостойкостью и суммарным термоэлектрическим контактирующим материалов.

## ВЫВОДЫ

1. Для повышения износостойкости и долговечности гравюр штамповочного инструмента восстановительной наплавкой желательнее применять сплавы, у которых в сочетании с маркой обрабатываемого материала суммарный коэффициент термоэдс стремится к нулю, что согласуется с положениями из работы [5].
2. Показана возможность применения термоэлектрического метода для подбора контактирующих пар с повышенной износостойкостью и долговечностью.

1. Троцкий В. А. Неразрушающий контроль сварных соединений — М.: Машиностроение. 1988. — 109 с.
2. Багров В. А., Кальянов В. Н. Дуговая наплавка сплавов системы Fe–C–Cr–Mn–Mn–Ti–Si с применением дополнительной присадки // Автомат. сварка. — 1999. — № 5. — С. 62–63.
3. Денель А. К. Дефектоскопия металлов — М.: Металлургия. 1972. — 304 с.
4. Багров В. А., Кальянов В. Н. Влияние обесеченной присадки на энергетические характеристики процессов дуговой наплавки и структуру наплавленного металла // Нов. решения в соврем. технологиях. Вестник ХГПУ. — 1999. — № 75. — С. 76–85.
5. Постников С. Н. Электрические явления при трении и резании. — Горький: Волго-Вят. кн. изд-во, 1975. — 280 с.