

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары – 19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110 - летию М.А. Гендельмана». - 2023. - Т.І, Ч.І.- С. 195-198.

УДК 621.78

**ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ, ПОЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ
ПОКРЫТИЙ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*Молдахметова А.Е., докторант 3 курса
Казахский агротехнический исследовательский университет им.
С.Сейфуллина, г.Астана*

Развитие современного машиностроения невозможно без использования защитных технологий: плазменная, ионно-плазменная обработка, лазерная обработка; ионная имплантация уменьшает интенсивность изнашивания в 50-60 раз, повышает коррозионную стойкость. Поэтому исследователи считают экономически целесообразным заложить требуемые эксплуатационные свойства деталей в их поверхностных рабочих зонах, а остальной объем объекта создать на основе более дешевой, в том числе и углеродистой стали. Одним из самых развивающихся направлений в промышленности является защитные и многофункциональные покрытия. Для решения этих задач широко используются технологии получения защитных покрытий методами химико-термической обработки, нанесением гальванических, газотермических, плазменных, лазерных, детонационных и др. покрытий. Эти технологии повышают коррозионную стойкость, износостойкость, улучшают триботехнические характеристики материалов, снижая коэффициент трения.

Значительное повышение износостойкости инструмента может быть получено при применении традиционных методов химико-термической обработки, в том числе борирования, позволяющего получить наиболее высокие значения твердости поверхностного слоя. Однако существенным недостатком упрочнённого слоя является его повышенная хрупкость, что приводит к сколу слоя с рабочих кромок инструмента. Для устранения этого недостатка после диффузионного борирования следует проводить ЛО острых кромок инструмента. При лазерной обработке происходит выравнивание концентрации легирующего элемента по упрочнённому слою, обеспечивается более плавный переход твердости от поверхности к основе, что повышает его вязкость. Повысить вязкость поверхностно упрочнённого слоя можно и непосредственно за счёт лазерного легирования (табл. 1). Обработка проводилась лазером "Латус 31" мощностью 1000Вт. При этом

| | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | Объёмная СТО+цианирование | 7,-8,0 | 10,0 | 9,8 | 9,5 | 9,3 | 9,0 | 8,3 | 7,8 |
| Примечание: СТО - стандартная термическая обработка стали Р6М5 | | | | | | | | | |

Температура теплостойкости стали Р6М5 составляет 620°С, лазерная закалка позволяет её поднять в зависимости от плотности энергии (табл. 3).

Таблица 3-Теплостойкость стали Р6М5 при разной плотности энергии

| $E, \text{ Дж/мм}^2$ | $\Delta t, \text{ }^\circ\text{C}$ |
|----------------------|------------------------------------|
| 6 | 8,8 |
| 11,25 | 12,9 |
| 27 | 12,5 |

Лазерная термическая обработка после стандартной и цианирования повышает износостойкость инструмента при обработке стали в 1,8-2 раза по сравнению с инструментом, не прошедшим лазерную закалку. Лазерная наплавка. Повышение пластичности, литой стали может быть обеспечено при увеличении скорости кристаллизации вкр до 0,5-1 °/с за счёт уменьшения количества эвтектики и повышения химической однородности аустенита. При скорости кристаллизации 103-105 °/с сталь Р6М5 имеет структуру, состоящую из мартенсита, метастабильного высоколегированного аустенита и тонкодисперсных выделений карбидной фазы, что обеспечивает высокую твёрдость. Метод лазерной наплавки даёт возможность создать управляемый градиент температур по сечению изделия, что позволяет совместить в одном технологическом процессе получение композиционного материала и его термическую обработку. При проведении лазерной наплавки порошок из стали Р6М5 распределяется на поверхности основы без связующего с помощью дозатора-кристаллизатора. Основа – сталь 65Г в виде диска толщиной 2 мм, предварительная термическая обработка - закалка и отпуск на твёрдость 45 HRC [1,2].

Повышение эксплуатационных свойств покрытий возможно за счет формирования структуры покрытия, обладающей высокой демпфирующей способностью к знакопеременным механическим и температурным напряжениям и способностью локализовать усталостные повреждения и микротрещины внутри зерна кристаллита, не давая им возможности прорасти до конструкционного материала основы. Упорядоченность такой структуры в большей степени зависит от дисперсности материала, нагрева и ускорения порошкового материала плазменной струей, протекания процессов упругого и упругопластического деформирования частиц на напыляемой поверхности и развития гетерогенного топохимического взаимодействия на контактных поверхностях. В процессе нанесения защитного покрытия, ввиду высокой температуры и скорости охлаждения при ударе, наносимый материал претерпевает фазовые превращения, что неминуемо отражается на его структуре и свойствах. Изучение процесса транспортировки напыляемого

материала в плазменном потоке позволяет более детально представить процесс образования защитного покрытия.

Одной из важнейших задач исследования прочностных свойств металлов и сплавов является измерение распределения механических (в том числе технологических остаточных) напряжений σ по толщине h поверхностного слоя изделия. Классическим методом изучения эшюр σ (h) признан разрушающий метод на образцах, вырезаемых из исследуемого изделия, подвергнутого различным физико-механическим воздействиям, а по измеренной деформации образцов при удалении напряженных слоев судят о механических напряжениях в них.

Одним из неразрушающих способов определения механических напряжений в изделиях из металлов и сплавов является электромагнитный контактный способ, основанный на использовании фундаментальной связи между электрическими и механическими свойствами металлических проводников и явления скин-эффекта в них. Известна связь величины удельной электрической проводимости с величиной механических напряжений, которым он (металл) подвергался. В электронной теории металлов [3] показано, что удельная электрическая проводимость γ определяется формулой:

$$\gamma = \frac{e^2 E n_0}{m k T V_T N_0 \pi} \cdot d, \quad (1)$$

где e – заряд электрона, m – масса покоя электрона, n_0 – число электронов проводимости в единице объема, E – модуль упругости, k (в данном выражении) – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, V_T – скорость теплового движения электронов, N_0 – число атомов в единице объема, d – период кристаллической решетки. Известна связь удельной электрической проводимости γ с удельным электрическим сопротивлением $\rho = 1/\gamma$.

При отсутствии механических напряжений металл имеет номинальное значение периода решетки d_0 и соответствующее номинальное значение удельной электрической проводимости γ_0 . Под действием механических напряжений $\Delta\sigma$ имеет место изменение периода решетки металла Δd . В зоне упругих деформаций это изменение можно считать пропорциональным механическому напряжению и, в соответствии с (1), изменения электропроводности $\Delta\gamma$ также пропорциональны механическим напряжениям $\Delta\sigma$:

$$\Delta\gamma = P_\sigma \cdot \Delta\sigma, \quad (2)$$

где P_σ – экспериментально определяемый коэффициент, характеризующий свойства материала.

Таким образом, измеряя электрические свойства проводящих изделий, можно определять механические напряжения в них. При этом необходимо измерять распределение электрических параметров и механических напряжений по глубине изделий.

Список использованной литературы

1. Конструкционные стали и сплавы: учебное пособие /Сост.: Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, В.К. Ерофеев, А.А. Устинова;под ред. Г.А. Воробьевой
2. Effect of the Parameters of Aerothermoacoustic Treatment of 40Kh Steel on the Acoustic Emission Parameters/G. A. Vorob'eva and E. Yu. Remshev//Russian Metallurgy. Vol. 2016, No. 3, pp. 215–218. © Pleiades Publishing, Ltd., 2016.(DOI: 10.1134/S0036029516030162; ISSN: 00360295)
3. Берестецкий В.Б., Лившиц Е.М., Пятаевский Л.П. Квантовая электродинамика. // Теоретическая физика в 10 томах, т.4. М., "Наука". 1989 г. С. 421.