

$$m_z = m_{z1} + m_{z2} - 0,5m \ln[\exp(2m_{z1}/m) + \exp(2m_{z2}/m)]. \quad (20)$$

Дисперсия  $z$ -ті жуық формула бойынша анықтаймыз

$$D_z = d_1^2 \sigma_{z1}^2 + d_2^2 \sigma_{z2}^2.$$

$$\text{Мұнда } d_1 = \left( \frac{\partial z}{\partial z_1} \right)_m = 1 - \frac{1}{1 + (\bar{N}_\tau / \bar{N}_\sigma)^{2/m}};$$

$$d_2 = \left( \frac{\partial z}{\partial z_2} \right)_m = 1 - \frac{1}{1 + (\bar{N}_\sigma / \bar{N}_\tau)^{2/m}}.$$

Бұл формулалардағы  $m_{z1}$ ,  $m_{z2}$ ,  $\sigma_{z1}^2$ ,  $\sigma_{z2}^2$  зерттеу бойынша анықталады. Сонымен бірге  $\bar{N}_\sigma$ ,  $\bar{N}_\tau$  (2) формуласы бойынша анықталады. Егер зерттеу бойынша  $\bar{N}_\sigma$ ,  $\bar{N}_\tau$ ,  $\sigma_{N\sigma}$ ,  $\sigma_{N\tau}$  ықтималдық сипаттамалар анықталса, онда нормаль және жанама кернеулердің таралу параметрлері (3)-ші формула бойынша анықталады.

Таралу параметрлерін анықтағаннан кейін бөлшектің гамма процентті қоры (4)-ші формула бойынша анықталады.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.В. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. М.: Машиностроение, 1975. 488 с.
2. Бакиров Ж.Б., Танирбергенова А.А. Расчет надежности деталей машин по усталостному разрушению // Труды международной научной конференции «Вторые Сагиновские чтения». Караганда, 2010.
3. Гусев А.С. Сопротивление усталости и живучести конструкций при случайных нагрузках. М.: Машиностроение, 1989. 248 с.

УДК 622.232-8

ИСАГУЛОВ А.З.,  
ШАРАЯ О.А.,  
МЕЩАНОВА С.О.,  
ИППОЛИТОВ С.В.,  
РЯБИННИН С.В.

### Разработка методов поверхностного упрочнения металлических изделий

В ближайшем будущем наиболее распространенными среди металлических конструкционных материалов останутся сплавы на основе железа и, прежде всего, стали. В этой связи в области современного металлостроения одной из самых важных и актуальных задач является разработка доступных, экономичных, высокоэффективных и экологически безопасных технологий упрочнения конструкционных сталей, обеспечивающих получение заданных эксплуатационных свойств [1].

Для модифицирования поверхности металлов предпочтение отдается методам управляющей обработки, использующих в качестве теплового источника концентрированные потоки энергии: ионные, лазерные, ультразвуковые, высокочастотные индукционные и другие. Высокие плотности мощности лазерного излучения, существенно превосходят другие источники энергии, позволяют не только значительно увеличить производительность обработки, но и получать качественно новые свойства поверхностей, недоступные традиционным методам обработки материалов.

В работе были проведены исследования процессов лазерного легирования. На поверхность образцов стали марки 45 предварительно наносили обмазки системы «W-V-Cr», в качестве связующего использовалось жидкое стекло. Обработку образцов осуществляли при оплавлении их поверхности непрерывным излучением мощного СО<sub>2</sub>-лазера «ХЕБР-2500».

Режимы обработки образцов выбирались так, чтобы не было сильного проплавления поверхности. На первой группе образцов была проведена лазерная обработка с параметрами, представленными в таблице 1. Таблица 1 – Параметры лазерной обработки для пер-

вой группы образцов

|   |                      |
|---|----------------------|
| Мощность лазерного излучения Р (Вт)     | 500                  |
| Скорость обработки материала v (об/мин) | 520                  |
| Высота лазерной головки I (мм)          | 1   5   10   12   15 |

Проплавление было хорошим, но существовала одна конструктивная особенность лазера «ХЕБР-2500» – объектив, который стоит в головке, охлаждается продуванием через него воздуха, чтобы температурой не разрушило линзы объектива. Этот воздушный поток раздувает расплавленный слой металла, отчего на поверхности образцов образуются канавки глубиной 1,5 мм. Увеличение высоты головки над образцом одновременно с увеличением мощности излучения приводило к увеличению размеров обрабатываемой зоны, что не всегда желательно, поэтому в дальнейших экспериментах была увеличена скорость обработки. Параметры обработки второй группы образцов представлены в таблице 2. Во второй группе на первых трех образцах наблюдалось также образование канавок, но при высоте головки более 10 мм разлета расплава не наблюдалось. Максимальная глубина канавок 0,7 мм.

На практике для получения поверхности без оплавления часто используют поглощающие покрытия. Длину волны излучения лазера «ХЕБР-2500» – 10,6 мкм – почти полностью поглощает оксид алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. На третью группу образцов было нанесено поглощающее покрытие на основе оксида алюминия, смешанного с лаком 4С. Параметры обработки третьей группы образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры лазерной обработки для второй группы образцов

|   |      |   |   |    |    |
|---|------|---|---|----|----|
| Мощность лазерного излучения P (Вт)     | 500  |   |   |    |    |
| Скорость обработки материала v (об/мин) | 1400 |   |   |    |    |
| Высота лазерной головки I (мм)          | 1    | 5 | 9 | 12 | 15 |

Характерно, что и здесь, на малых высотах лазерной головки I = 1 и 5 мм наблюдались проплавленные канавки, но их максимальная глубина достигала лишь 0,4 мм. В остальных случаях излучение прожигало покрытие, но поверхность не деформировалась, т.е. зона оплавления отсутствовала.

Подготовка образцов осуществлялась на лабораторном комплексе подготовки проб для металлографического анализа фирмы Struers на станке для автоматического шлифования и полирования образцов – LaboPol-5. Травление образцов производилось в 3-процентном растворе азотной кислоты в этиловом спирте для выявления микроструктуры.

Микрорентгеноспектральный анализ осуществлялся на растровом электронном микроскопе TESCAN VEGA // LSU с системой микроанализа INCA производства OXFORD Instruments (Англия). Общий вид микроструктуры стали 45 после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr» представлен на рисунке 1.

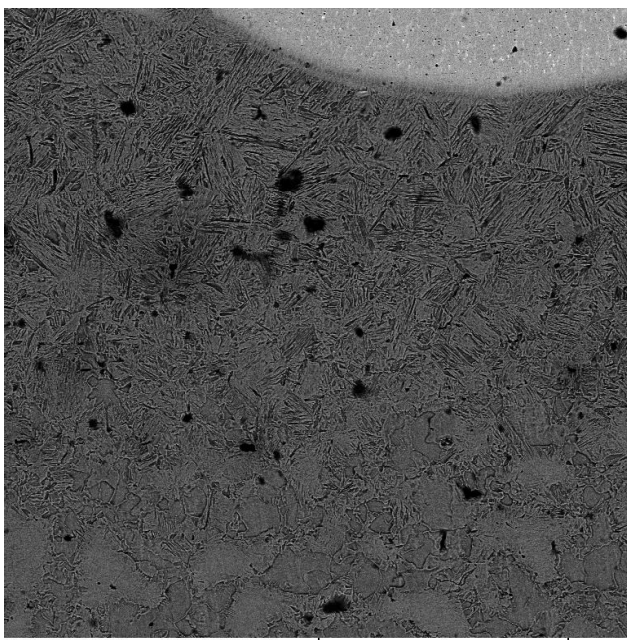


Рисунок 1 – Общий вид микроструктуры стали 45 после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»

На рисунке 2 показан микрорентгеноспектральный анализ наплавленного слоя. Рентгеноструктурные исследования фазового состава зон лазерного легирования системой «W-V-Cr» показали, что упрочненный слой представляет собой твердый раствор легирующих элементов в феррите [2].

Металлографическим анализом установлено, что при легировании в непрерывном режиме излучения, при высоких скоростях перемещения лазерного луча в поверхностном слое образуется слаботравящаяся

структура мартенсита. Лазерное легирование с оптимальными скоростями перемещения луча относительно обрабатываемой поверхности (v=10-20 мм/с) приводит к образованию чрезвычайно мелкозернистой структуры легированного феррита, причем большая часть объема занята равноосными ячеистыми зёрнами [3].

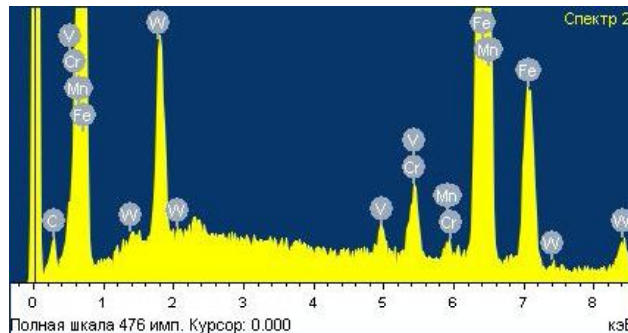


Рисунок 2 – Микрорентгеноспектральный анализ наплавленного слоя стали 45 после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»

По мере приближения к границе с матрицей зерна становятся столбчатыми, ориентированными в направлении максимального отвода тепла. Следует отметить, что при легировании системой «W-V-Cr» наблюдается наименьшее измельчение зерна.

Микродорометрический анализ этапов технологического процесса осуществляли путем вдавливания четырехгранной пирамиды на автоматическом микротвердомере фирмы «Galileo» ISOSCAN OD с нагрузкой 9,807 Н. (рис. 3). На рисунке 4 представлен график изменения микротвердости после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr».

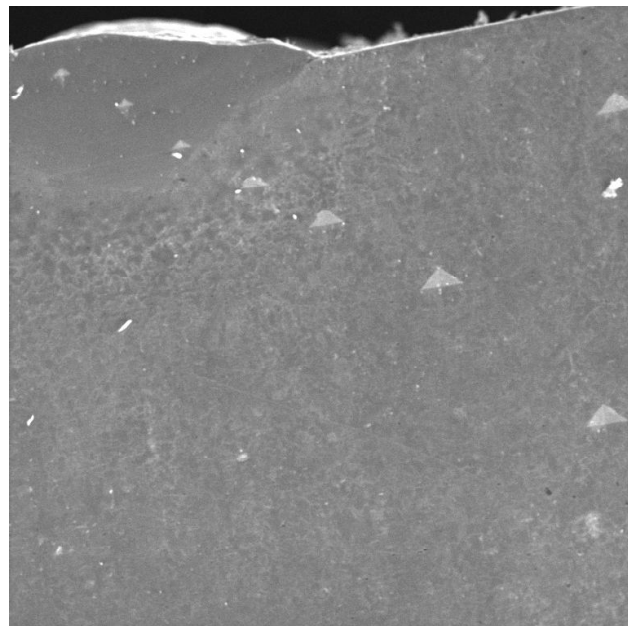


Рисунок 3 – Распределение микротвердости после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»

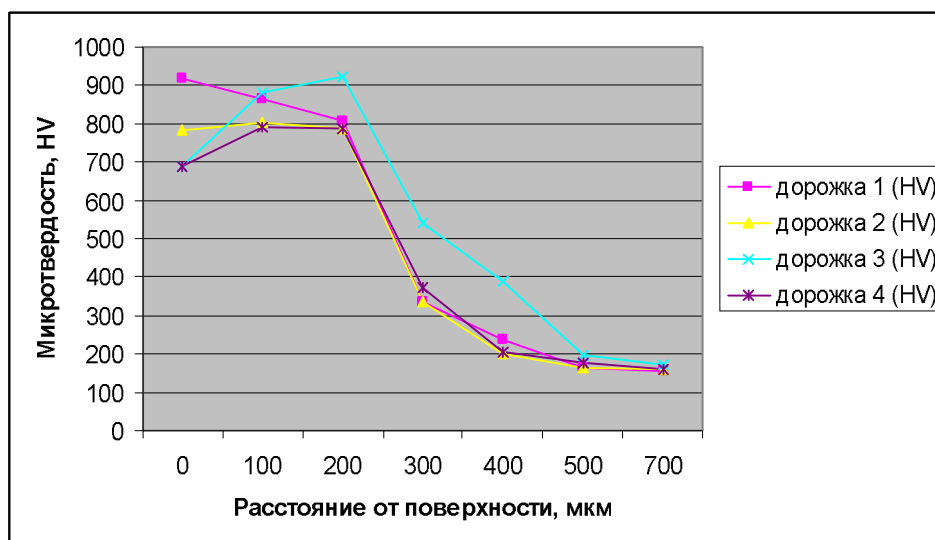


Рисунок 4 – Изменение микротвердости после лазерного легирования с нанесением композиции «W-V-Cr»

Испытание на износ в условиях трения скольжения проводили на машине трения СМЦ-2 при нагрузках 25-1800 Н. В качестве рабочих сред использовали индустриальное масло И-70А, воздух. Испытание проводили при постоянной скорости скольжения 1,3 м/с при комнатной температуре. В результате износостойкость легированных слоев увеличилась в 2-4 раза по сравнению с необработанными лазерным излуче-

нием поверхностями [4].

Проведенные исследования позволили выявить оптимальные режимы для лазерного легирования стали 45: P = 500 Вт; v = 1400 об/мин.; I = 9, 12, 15 мм. С помощью этого процесса получают слои с высокой износостойкостью, микротвердостью, возможностью локального упрочнения рабочих поверхностей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердобинцев Ю.П., Бурлаченко О.В., Схиртладзе А.Г. Повышение сдвигоустойчивости неподвижных соединений путем лазерной закалки // Технология металлов. 2009. № 7. С. 15-16.
2. Панченко В.Я., Васильцов В.В., Голубев В.С., Грезев А.Н., Дубров В.Д., Карабутов А.А., Майоров В.С., Сафонов А.Н. Лазерные технологии обработки материалов, создаваемые в ИШЛИТ РАН // Сб. тр. ИШЛИТ РАН. 2009. № 5. С. 191-192.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Г. Григорьянца. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. С. 14-17.
4. Шарая О.А., Мещанова С.О. Лазерное упрочнение стали // Тез. докл. межвуз. студ. науч. конф. «Студент и научно-технический прогресс». Караганда: Изд-во КарГТУ, 2009. С. 85-86.

ӘОЖ 621.91.01

ШЕРОВ К.Т.,  
ИМАШЕВА К.И.,  
БАЙБУСИНОВ Е.А.

#### Қиын өңделетін материалдарды импульсті салқындатумен термофрикционды өңдеу кезінде кесу режимдерінің орташа температураға әсер етуін ғылыми зерттеу

Қазіргі машина жасаудың нақты тапсырмасы құрал-саймандардың прогрессивті конструкцияларын жасау және кесумен металдарды өңдеуге арналған озат технологияларды жобалау болады.

Көптеген жауапты тетіктердің технологиялық циклінде механикалық өңдеу процестерінің үстемді рөлі, негізінде оның әмбебаптығымен, үнемділігімен және жоғары дәлдігімен белгіленеді. Сонымен қатар қазіргі уақытта кеңінен таралған дәстүрлі механикалық өңдеу әдістері өнімділікке және сапаға қойылатын талаптарға сәйкес келе бермейді. Бұған қазіргі машина жасауда, кен шығарушы, металлургиялық және басқа да халық шаруашылығының салаларында кеңінен қолданылатын ерекше физикалық-механикалық қасиеттерге ие болған – ыстыққа төзімді, тозуға төзімді, жо-

ғары төзімділікке ие болған, баяу балкитын конструкционды материалдарды өңдеу қиындық туғызады, кейбір жағдайларда оларды өңдеудің мүмкіндігі болмайды.

Энергетикалық, химиялық және тау-кен машина жасау саласында сондай-ақ, өнеркәсіптің басқа да салаларында қиын өңделетін материалдарды кеңінен қолданады. Жоғарыда айтылған материалдардан жасалған көптеген тетіктер экстремалды жағдайларда жұмыс істейді, бұл үстінгі қабатының сапасына және пайдалану мерзімінің ұзақтығына жоғары талаптарды қоюға алып келіп соғады. Сондықтан, қиын өңделетін материалдарды механикалық өңдеудің сапасын және өнімділігін арттыру өзекті мәселе болып отыр. Бұл өзекті мәселені шешудің негізгі бағыты келешекте