



УДК 691.791

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕМ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

MANAGEMENT OF A SHAPING AT RESTORATION OF DETAILS OF OIL AND GAS MECHANICAL ENGINEERING

Казинский Алексей Алексеевич

кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры физического материаловедения
и биомедицинская инженерия,
Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.
aak@sstu.ru

Насад Татьяна Геннадиевна

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры транспортное строительство,
Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.
tgnas@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена новым технологиям восстановления изношенных деталей, эксплуатируемых в нефтегазовом машиностроении. Сочетание различных видов энергии при восстановлении поверхностей позволяют достигать заданных параметров качества с минимальными затратами и максимальной производительностью.

Ключевые слова: восстановление, нефтегазовое машиностроение, наплавка, структура наплавленного металла, концентрированные потоки энергии, присадочный материал, процесс кристаллизации.

Kazinsky Alexey Alekseevich

Candidate of Technical Sciences,
associate professor,
associate professor Physical materials
science and biomedical engineering,
Saratov state technical university
of Gagarin Yu.A.
aak@sstu.ru

Nasad Tatyana Gennadiyevna

Doctor of Engineering, professor,
professor of Transport Construction chair,
Saratov state technical university
of Gagarin Yu.A.
tgnas@mail.ru

Annotation. Article is devoted to new technologies of restoration of the worn-out details operated in oil and gas mechanical engineering. A combination of different types of energy at restoration of surfaces allow to reach the set quality parameters with the minimum expenses and the maximum productivity.

Keywords: restoration, oil and gas mechanical engineering, a naplavka, structure of the built-up metal, the concentrated energy streams, additive material, crystallization process.

Для разработки современных технологических процессов обеспечения качества поверхности ответственных деталей нефтегазового машиностроения, требуются новые подходы управления процессами формообразования поверхности. К деталям буровых установок, требующим обеспечения высокой износостойкости и сопротивляемости воздействию буровых растворов, относятся долото, детали механизированного компрессорно-насосного оборудования и т.п. Для ремонта и восстановления деталей, узлов машин и технологического оборудования, как правило, применяют методы сварки и наплавки в защитных средах. Существующие традиционные методы обработки детали после наплавки – токарная обработка, предварительное и окончательное шлифование и т.д. Может применяться термообработка (отпуск), делающая возможным фрезерование при низкой стойкости режущего инструмента.

Структура шва формируется в результате баланса между процессами теплоотдачи, диффузии, химического реагирования компонентов сплава [1, 4]. Наиболее эффективных результатов удаётся достичь при использовании совмещённых технологий – традиционной обработки с ультразвуковым воздействием, дополнительным термическим воздействием на расплав в процессе обработки концентрированными потоками энергии (КПЭ), применением гибридных технологий [2].

Важным является выявление закономерностей существующих компенсационных механизмов кристаллизации на фоне деградации переохлаждения расплава при концентрационном пересыщении примесью зоны активного роста дендритных кристаллов сварочно-наплавочной ванны. Рассмотрение начальной стадии зарождения кристаллов даёт основание сделать вывод о возможности устойчивого существования дозародышей кристаллов в переохлаждённом расплаве, а в некоторых случаях и тенденции к самопроизвольному разрастанию дозародышей в монотонном или периодическом режиме. Развитие этих представлений позволяет на новом методическом уровне вернуться к идее гомогенного зарождения кристаллов в охлаждаемом расплаве, что не исключает возможности проявления затравочного эффекта присутствующих в расплаве инородных включений.



По отношению к кристаллизации сварочно-наплавочной ванны такой подход означает, что наиболее вероятна последовательная схема кристаллизации, когда происходит чередование реализуемого механизма фазового перехода, например, дендритный сменяется гомогенным или гетерогенным ростом сфероидов перед фронтом кристаллизации. Особенностью кристаллизации локально расплавленного объема металла при сварке или наплавке является интенсивный теплоотвод в тело свариваемого или наплавляемого изделия достаточно большой массы. При этом тепловые эффекты от любого процесса кристаллизации могут привести лишь к увеличению длины ванны расплавленного металла и её стабилизации при новых значениях размеров с постепенным увеличением размеров за счёт теплонасыщения изделия. На практике дендритная кристаллизация, как формирующая в основной массе структуру наплавленного металла, идёт скачкообразно при постоянных макропараметрах процесса и скорости сварки или наплавки. Но при сварке металлов с практическим отсутствием примесей процесс кристаллизации всё равно идёт скачкообразно, и чем интенсивнее теплоотвод от зоны локального плавления металла, тем ярче выражена периодичность процесса кристаллизации. Объяснением этого может быть только конкуренция одновременно существующих процессов дендритной и сфероидной кристаллизации в хвостовой части ванны, причём конкуренция, приводящая к доминированию одного из процессов – дендритной кристаллизации. При этом, существенно важным является вопрос о форме доминирования одного процесса над другим, на практике дендритного механизма кристаллизации над сфероидным. Доминирование может осуществляться, например переплавом сфероидов в области контакта с растущими дендритными кристаллами за счёт выделяющегося тепла скрытой теплоты плавления, что маловероятно. Может осуществляться вытеснением кристаллов сфероидов фронтом кристаллизации дендритов в области с меньшей степенью переохлаждения и переплавом сфероидов в более горячих областях ванны. Теоретически может осуществляться процесс включения сфероидов в состав дендритов как в виде отдельных междендритных зёрен, так и непосредственного включения в состав дендрита.

Термодинамические условия на межфазной границе стремятся к минимальному уровню свободной энергии. В этом отношении гетерогенная последовательная кристаллизация является энергетически более выгодной по сравнению с объёмным гомогенным затвердеванием.

Пластическая деформация, сопровождающая обработку сварочно-наплавочного шва зависит от:

- вида обрабатываемого материала и его физико-механических характеристик;
- геометрии режущего инструмента и его радиуса закругления режущего лезвия;
- температуры;
- режимов резания (скорость резания и глубина срезаемого слоя).

К числу основных физико-механических характеристик обрабатываемого материала относятся предел пластичности и предел прочности материала. Известно, что чем выше пластические свойства материала, тем в большей степени они оказывают свое отрицательное воздействие на механизм формирования шероховатости поверхности, о чем свидетельствует рисунок 1.

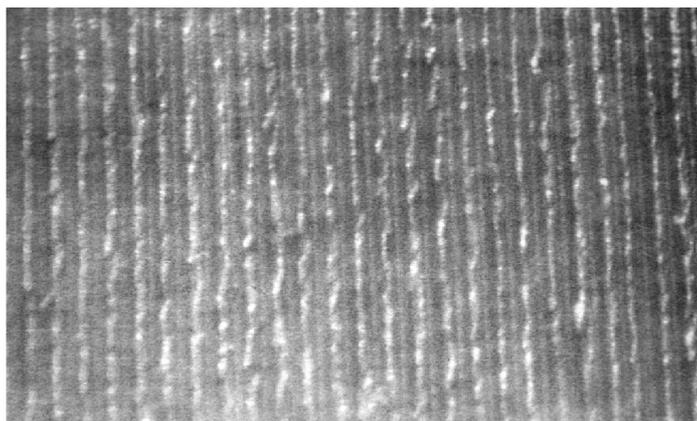


Рисунок 1 – Профиль обработанной поверхности со следами пластического течения металла

Указанные характеристики материала существенно изменяются при высоких скоростях. Наиболее интенсивно возрастает предел текучести (σ_T) и менее интенсивно – предел прочности (σ_B).

Анализ полученных данных позволяет установить закономерность – при формообразовании с увеличением скорости резания происходит «охрупчивание» металла и уменьшение доли пластической деформации микропрофиля шероховатости поверхности [3].

Величина радиуса закругления режущей кромки является важнейшим параметром при высокоскоростном лезвийном резании. Низкая шероховатость обеспечивается минимальной подачей и минимальной глубиной резания.



Обработка режущим лезвием, имеющим радиус ρ закругления, может выражаться через соотношение, связывающее передний угол γ и радиус ρ :

$$\gamma = \arcsin \frac{\rho - ax}{\rho}. \quad (1)$$

Очевидно, что решающее значение имеет величина переднего угла γ , при котором происходит нормальное стружкообразование. При обработке разных материалов максимальный передний отрицательный угол имеет разные значения и не может превышать значений $\gamma = -55-50^\circ$. При значениях $\gamma = -45^\circ$ можно использовать критическое условие резания: $\rho/a > 0,3$. Опытным путем установлено, что для случая торцового фрезерования наиболее благоприятной будет подача $s_z > 0,03$ мм.

Высокоэффективные технологии обработки восстановленных наплавкой деталей реализуют благодаря рациональной структуре технологического процесса, с учетом изменения свойств наплавленного материала. Это позволяет получить максимальный эффект, в том числе обеспечить заданное качество поверхности при минимальных затратах. К технологиям дающим максимальный эффект относятся гибридные технологии, в основе которых лежит использование разных видов энергии. Примером гибридной технологии может служить сочетание высокоскоростного резания с любым методом предварительного нагрева [3].

Сравнительный анализ традиционной и гибридной технологий показал, что цикл обработки с применением ТО и последующего шлифования более трудоемкий и дорогостоящий по сравнению с обработкой по гибридной технологии. При этом второй вариант технологического процесса позволяет исключить операцию ТО и обеспечить заданное качество поверхности при высокой производительности и удовлетворительной стойкости режущего инструмента.

Гибридная технология обладает высокой производительностью, поэтому идеально подходит для обработки восстановленных или закаленных поверхностей, с неравномерным припуском, с иными включениями, по корке и т.д.

Применение аддитивных и гибридных технологий обладает наибольшей эффективностью в решении проблем, связанных с восстановлением деталей нефтегазового машиностроения, при этом обеспечивается высокое качество поверхности и возможно управление процессом формообразования за счет изменения режимов обработки.

Литература:

1. Казинский А.А. Исследование процессов формообразования кристаллизующегося металла при дуговой сварке и наплавке изделий машиностроения / А.А. Казинский, Т.Г. Насад // *Фундаментальные исследования основных направлений технических и физико-математических наук : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции*. – Стерлитамак : АМИ, 2017. – С. 58–59.
2. Казинский А.А. Насад Т.Г. Повышение эксплуатационных характеристик деталей машин, восстановленных методом наплавки : Повышение надежности и безопасности транспортных сооружений и коммуникаций / сборник трудов III Международной научно-практической конференции. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2017. – С. 231–236.
3. Насад Т.Г. Кирюшин И.Е., Кирюшин Д.Е. Высокоскоростная обработка труднообрабатываемых материалов : монография. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2009. – 148 с.
4. Пат. № 2490101. Способ дуговой сварки или наплавки / Казинский А.А., Ещенко Р.Ю., Казинский Н.А. – Оpubл. 20.08.2013. – 8 стр.

References:

1. Kazinsky A.A. A research of processes of shaping of the crystallizing metal at arc welding and a naplavka of products of mechanical engineering / A.A. Kazinsky, T.G. Nasad // *Basic researches of the main directions of technical and physical and mathematical science : the collection of articles following the results of the International scientific and practical conference*. – Sterlitamak : AMI, 2017. – P. 58–59.
2. Kazinsky A.A. Nasad T.G. Increase in operational characteristics of details of the cars restored by a naplavka method : Increase in reliability and safety of transport constructions and communications / collection of works III of the International scientific and practical conference. – Saratov : Sarat. state. technological un-t, 2017. – P. 231–236.
3. Nasad T.G. Kiryushin I.E., Kiryushin D.E. High-speed processing of the hardly processed materials : monograph. – Saratov : Sarat. state. technological un-t, 2009. – 148 p.
4. Pat. No. 2490101. Way of arc welding or Naplavka / Kazinsky A.A., Eshchenko R.Yu., Kazinsky N.A. – Opubl. 8/20/2013. – 8 p.