

УДК 620.193 (083)

ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ НАПЛАВКИ, НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛА

Власов В.М., Нечаев Л.М., Фомичева Н.Б., Фомичева Е.В.

Тульский государственный университет

В процессе наплавки могут возникать дефекты, которые снижают эксплуатационную способность наплавленного металла, а в некоторых случаях могут вызывать аварийный выход детали из строя. К ним относятся трещины и поры. В работе приводятся экспериментальные данные по вопросу о допустимости пор в наплавленном металле. Прлучено, что образование пор, вызванных водородом и азотом, обусловлено резким уменьшением их растворимости в металле при его кристаллизации.

В процессе наплавки могут возникать дефекты, которые снижают эксплуатационную способность наплавленного металла, а в некоторых случаях могут вызывать аварийный выход детали из строя. К ним относятся трещины и поры.

Наиболее распространены при наплавке трещины, которые подразделяют на горячие, холодные и околшовные. При наплавке образование трещин недопустимо там, где они могут вызвать поломку детали. Например, наличие даже единичной трещины на посадочном месте вала двигателя может вызвать усталостный излом детали. В некоторых случаях трещины в наплавленном металле допустимы, так как не влияют на работоспособное состояние изделия в целом. Это прежде всего относится к деталям, работающим в условиях абразивного износа (лотки, детали засыпных аппаратов доменных печей и др.).

Горячие трещины возникают в процессе первичной кристаллизации наплавленного металла, поэтому их расположение, как правило, совпадает с направлением роста столбчатых кристаллитов. При кристаллизации сварочной ванны, имеющей направленный отвод теплоты через границы твердого металла, образуются дендриты, растущие в виде стволов перпендикулярно к плоскости теплоотвода. Оси первого порядка являются поверхностями кристаллизации, от которых перпендикулярно к ним в разные стороны растут оси второго порядка. Столкновением растущих осей различных порядков заканчивается постройка кристаллита, имеющего ориентировочное столбчатое строение. Образование горячих трещин в наплавленном металле зависит от величины и темпа роста растягивающих напряжений, действующих в процессе его кристаллизации. При наплавке кристаллизующийся металл постоянно находится под воздействием растягивающих напряжений, возникающих вследствие несвободной усадки наплавленного металла, который в процессе охлаждения подвержен пла-

стической деформации. При кристаллизации некоторое время металл находится в твердожидком состоянии. Это состояние характеризуется повышенной хрупкостью, так как возникший жесткий каркас из дендритов еще ослаблен наличием жидких прослоек.

Большое влияние на пластичность металла оказывает форма сечения наплавленного валика, определяющая расположение столбчатых кристаллитов и их ориентацию. Форма сечения валика характеризуется коэффициентом формы, представляющим собой отношение ширины валика к его высоте. С ростом коэффициента формы повышается сопротивляемость наплавленного металла образованию трещин. Часто вызывает образование горячих трещин повышенное содержание в наплавленном металле углерода и серы. Установлено, что при содержании менее 0,01% S горячие трещины в наплавленном металле не возникают даже при содержании до 0,6% C; при содержании 0,035% S горячие трещины образуются при содержании 0,1% C. Таким образом, уменьшение содержания серы приводит к снижению вредного влияния углерода на возникновение горячих трещин в наплавленном металле.

Кристаллизационные трещины могут возникать при выполнении наплавки с глубоким проваром, вызывающим обогащение наплавленного валика углеродом и серой за счет перехода элементов из основного металла. Для предупреждения таких трещин необходимо снижать долю основного металла, что достигается уменьшением силы тока дуги, шага наплавки, ведением процесса наплавки на прямой полярности, наплавкой подслоя из низкоуглеродистой стали и т. п. Мощной мерой, снижающей возможность образования горячих трещин в наплавленном металле, может быть предварительный и сопутствующий подогревы изделия, уменьшающие величину и скорость нарастания растягивающих напря-

жений и смещающие момент их возникновения, когда наплавленный металл по времени и по температуре уже приобрел высокие пластичность и прочность.

Холодные трещины в наплавленном металле образуются при сравнительно невысокой температуре (~200°C). Они возникают тогда, когда металл, казалось бы, уже приобрел высокие прочностные свойства. Характерная черта появления холодных трещин - замедленное их развитие в течение нескольких часов и даже суток. Затем, при достижении определенной величины трещины, они развиваются мгновенно, с характерным звуковым эффектом, проявляющимся при взрыве. Холодные трещины возникают как по границам зерен, так и по телу зерна. Образованию холодных трещин способствует повышенное содержание углерода, водорода и некоторых других элементов в наплавленном металле. Для образования трещин необходимо наличие каких-либо сил, способных вызвать деформацию. Такими силами служат остаточные сварочные напряжения, возникающие вследствие реализации наплавки в форме термических циклов.

Околошовные трещины подразделяют на горячие и холодные. Горячие трещины при некоторых условиях образуются во время наплавки на участках сплавления и перегрева околошовной зоны. Они развиваются по границам зерен основного металла и могут распространяться в наплавленный слой. Образование горячих трещин в околошовной зоне объясняют сосредоточением на границах зерен вредных примесей, образующих легкоплавкие включения и прослойки. Минимальное количество вредных примесей (водорода, кислорода, серы и фосфора) способствует предупреждению образования горячих трещин в околошовной зоне. Установлено, что катаный и кованный металлы лучше противостоят образованию околошовных трещин, чем

литые. Положительное влияние на трещинообразование оказывает использование способов наплавки с минимальным тепловложением [1].

Холодные трещины в околошовной зоне являются в результате возникновения напряжений, обусловленных образованием мартенсита и высоких давлений, создаваемых водородом, заполнившим микроскопические пустоты в кристаллических решетках. Для предупреждения закалочных трещин применяют те же меры, что и для предотвращения холодных трещин в наплавленном металле.

Опыты по определению трещиностойкости различных порошковых твердых сплавов показали, что с увеличением толщины наплаваемого металла процесс трещинообразования активизируется [2]. Наиболее предрасположены к образованию трещин сплавы ПГФБХ6-2 и ПР-СР4.

В таблице приведены данные по трещиностойкости трех типов плазменнонаплавленных покрытий. Оценку проводили по схеме концентрированного удара остроугольным конусом-индентором при энергии ~1,3 мДж/м².

На покрытиях ПГСР4 до ударных испытаний наблюдалась сетка трещин, покрывающая всю поверхность образца. Аналогичный характер растрескивания наблюдался на покрытии ПГСР+20% Cr₃C₂ причем извилистые радиальные трещины огибали структурные дефекты покрытия. Разрушение покрытий при ударных испытаниях наблюдается около ударного кратера, а в ряде случаев и на некотором от него расстоянии.

Поры в наплавленном металле представляют собой округлые пустоты, расположенные отдельными группами или цепочками внутри металла и на его поверхности. Возникают поры в процессе первичной кристаллизации.

Таблица. Количественная оценка трещиностойкости плазменнонаплавленных покрытий

Материал покрытия	Количество трещин		Суммарная длина трещин, мм
	I	II	
ПГСР4	5	6	775 ± 93,5
ПГСР+20% Cr ₃ C ₂	7	6	728 ± 90,6
Ni ₃ Al	4	5	273,5 ± 200

Вопрос о допустимости пор в наплавленном металле решают конкретно в каждом отдельном случае в зависимости от условий работы изделия, хотя поры при наплавке всегда нежелательны. Поры - это пузырьки водорода, азота, углекислого газа или пара, не успевшие выделиться до кристаллизации наплавленного металла. Образование пор, вызванных водородом и азотом,

обусловлено резким уменьшением их растворимости в металле при его кристаллизации.

В жидком состоянии железо растворяет значительное количество водорода и азота. При снижении температуры жидкого металла растворимость в нем водорода и азота постепенно уменьшается, и образующиеся пузырьки газов свободно всплывают на поверхность жидкой ванны. При кристаллизации металла снижение

растворимости в нем водорода и азота происходит скачкообразно и уменьшается в 1,7 и 4 раза соответственно, что ведет к зарождению большого количества газовых пузырьков на поверхности раздела жидкой и твердой фаз. Не все пузырьки успевают при этом всплыть на поверхность, часть их остается в наплавленном металле. При недостаточной раскисленности наплавленного металла в нем возникают поры от углекислого газа и водяного пара.

Для предупреждения возникновения пор в покрытии при наплавке флюсы и электроды предварительно прокаливают, поверхность металла перед наплавкой очищают от загрязнений, применяют обезвоженные защитные газы. При дуговых видах наплавки минимальную порис-

тость получают применением постоянного тока обратной полярности. Эффективный способ уменьшения пористости -нагрев детали, снижающий скорость кристаллизации наплавленного металла.

Литература

1.В.М.Власов, Л.М.Нечаев Работоспособность высокопрочных термодиффузионных покрытий в узлах трения машин. Тула:Приок. кн. изд-во. 1994.237с.

2.Власов В.М.,Нечаев Л.М.,Зеленко В.К.,Фомичева Н.Б .Влияние химического состава стали на структуру и свойства поверхностных слоев при никотрировании //Заводская лаборатория.1998.№ 2.С.34-38

Influence of defects arising in process fusing, on the mechanical characteristics of metal

Vlasov V.M., Nechaev L.M., Fomicheva N.B., Fomicheva E.V.

In process fusing there can be defects, which reduce operational ability наплавленного of metal, and in some cases can cause an emergency output of a detail out of operation. The cracks and defects concern to them. In work the experimental data on a question on an admissibility defect in metal are resulted. Is received, that the formation defects, caused by hydrogen arid nitrogen, is caused by sharp reduction of their solubility in metal at it crystallization.