

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ИЗДЕЛИЙ НА ГЛУБИНУ ДИФфуЗИОННОГО СЛОЯ ПРИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

И. Т. ТИХОНОВ и И. В. СЛОСМАН

(Представлено профессором доктором А. Н. Добровидовым)

Введение

Большое производственное значение процессов химико-термической обработки стали вызвало и продолжает вызывать многочисленные исследования, посвященные изучению основных закономерностей, имеющих место при этих процессах. Можно считать, что в настоящее время достаточно изучено влияние на результаты химико-термической обработки температуры процесса, его продолжительности, состава стали, подвергаемой обработке.

Есть, однако, один вопрос, который изучен мало. Мы имеем в виду влияние на глубину диффузионного слоя кривизны изделий, подвергаемых обработке. Обычно при назначении режима химико-термической обработки для получения диффузионного слоя определенной глубины форма и размеры изделий, подвергаемых обработке, не учитываются.

М. М. Замятин [1] показал, что пренебрегать этим фактором нельзя, что глубина диффузионного слоя зависит от формы и размеров изделий. Так как его работа является в этом отношении единственной, мы поставили своей целью экспериментально проверить характер и степень влияния формы и размеров образцов на глубину диффузионного слоя при некоторых видах химико-термической обработки стали.

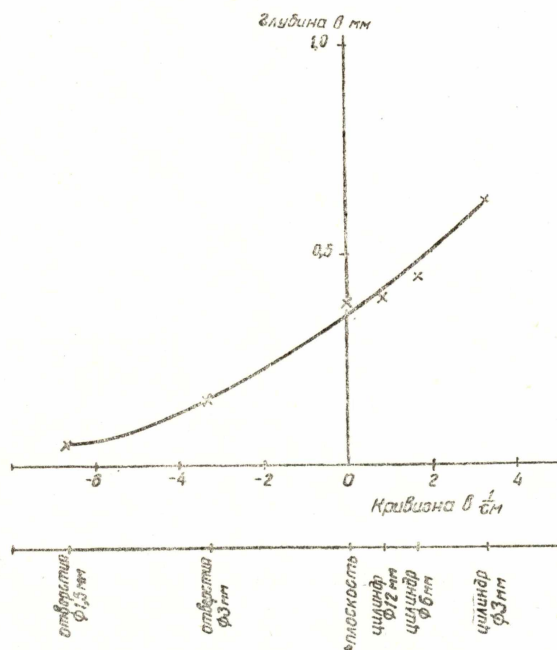
Экспериментальная часть

Цементации подвергались образцы армко-железа в виде цилиндров высотой 10 мм и диаметром 12, 6, 3 и 1,5 мм, а также в виде полых цилиндров с наружным диаметром 12 мм и внутренним диаметром 6, 3 и 1,5 мм. Повторные опыты производились на таких же образцах, но разрезанных пополам вдоль оси. Кроме цилиндрических образцов в каждом опыте цементовался образец в виде куба со стороной 10 мм. Образцы подвергались цементации углеродом в твердом карбюризаторе, составленном из 90% древесного угля и 10% углекислого бария.

Образцы и цементатор упаковывались в железный стакан диаметром 60 мм и высотой 150 мм. Цементация производилась в муфель-

ной электропечи с нихромовым нагревателем. Температура цементации в первом опыте была 900° , продолжительность выдержки при этой температуре — 6 часов. После цементации образцы заливались для приготовления шлифов в легкоплавкий сплав и стачивались с торца на глубину, заведомо превышавшую глубину цементованного слоя. Глубина слоя определялась по микроструктуре шлифов после их травления 4-процентным раствором азотной кислоты.

Данные о глубине диффузионного слоя представлены на фиг. 1.



Фиг. 1. Влияние кривизны поверхности на глубину диффузионного слоя. Температура цементации — 900° , продолжительность — 6 часов.

Под глубиной слоя здесь имеется в виду сумма эвтектоидного и заэвтектоидного слоев.

График достаточно наглядно иллюстрирует зависимость глубины диффузионного слоя от формы и размеров образца.

При цементации полых цилиндров внутренние и наружные поверхности находятся не совсем в одинаковых условиях: у внутренних поверхностей затруднен контакт с цементатором и с окисью углерода, образующейся по реакции

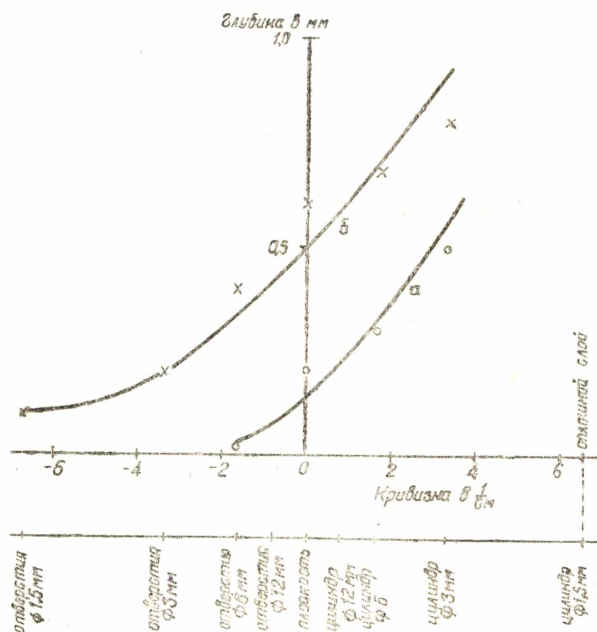


Чтобы исключить влияние этого фактора, был проведен повторный опыт, в котором цементации подвергались полые цилиндры, разрезанные на две равные части вдоль их оси.

Результаты этого опыта показаны на фиг. 2.

Полученные опытные данные достаточно определенно показывают, что глубина диффузионного слоя на цилиндрических образцах больше, чем на плоскости, причем глубина слоя на цилиндрических образцах тем больше, чем меньше диаметр цилиндра. Глубина слоя в отверстиях меньше, чем на плоскости. С уменьшением диаметра отверстия глубина слоя уменьшается.

В уже упоминавшейся работе М. М. Замятнина [1] дается объяснение этой зависимости как путем строгого математического решения, так и упрощенного решения в предположении, что количество элемента, поступающего на поверхность, и его средняя концентрация в слое от формы поверхности не зависят.



Фиг. 2. Влияние кривизны поверхности на глубину диффузионного слоя. Температура цементации—950°, выдержка 4 часа. Полюс образцы, разрезанные вдоль оси (а—заэвтектоидный слой; б—сумма эвтектоидного и заэвтектоидного слоев).

Тогда объемы слоев, приходящиеся на единицу поверхности, должны быть равны для изделий разной формы. Если в этом случае обозначить глубину слоя для плоскости через δ , то глубины слоев для цилиндра и цилиндрического отверстия будут соответственно равны

$$\delta_{\text{цил}} = R - \sqrt{R^2 - 2R\delta},$$

$$\delta_{\text{отв}} = \sqrt{R^2 + 2R\delta} - R.$$

Исследование микроструктуры показало, что кривизна поверхности влияет не только на глубину цементованного слоя, но и на концентрацию в нем углерода: на наружной поверхности полого цилиндрического образца концентрация углерода больше, чем на внутренней.

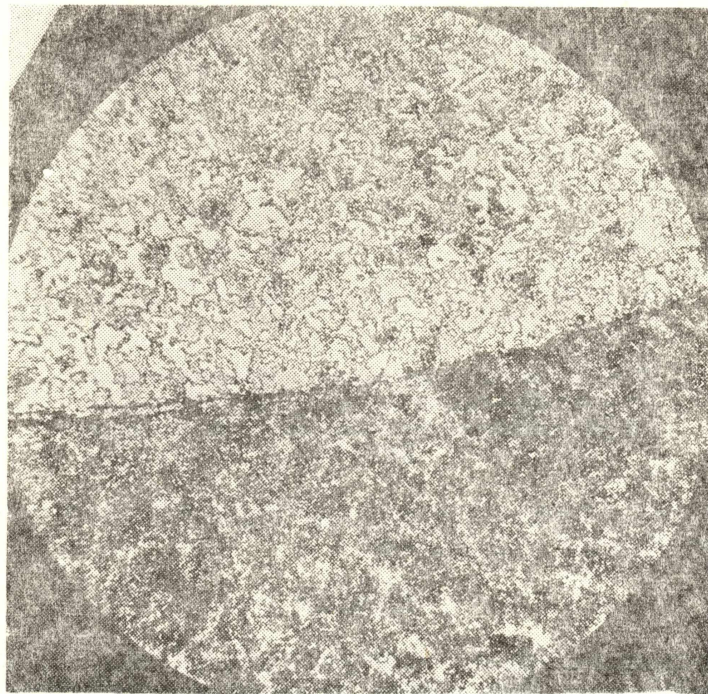
На фиг. 3 приводится фотография микроструктуры двух образцов, один из которых имел внутреннее отверстие диаметром 6 мм, а второй представлял собою сплошной цилиндр диаметром тоже 6 мм. Образцы цементовались одновременно. В то время как на первом образце концентрация углерода не превышает эвтектоидную, на втором хорошо виден и небольшой заэвтектоидный слой. Это объясняется тем, что условия отвода углерода вглубь образца от внутренней поверхности цилиндра более благоприятны, чем от наружной.

Чтобы выяснить вопрос о том, имеют ли место при других видах химико-термической обработки те закономерности, которые описаны

выше для случая цементации углеродом, были проведены опыты по алитированию (цементации алюминием).

В качестве цементатора при этом применялась смесь, составленная из 70% ферроалюминия (пятидесятипроцентного), 29% окиси алюминия и 1% хлористого аммония. Алитированию подвергались образцы из армко-железа и стали марки 15. Образцы нагревались до температуры 950° и выдерживались при этой температуре 10 часов.

Измерение глубины алитированного слоя показало, что той зависимости глубины диффузионного слоя от формы и размеров образцов,



Фиг. 3. Разная концентрация углерода на наружной и внутренней поверхности.

которая имеет место при цементации углеродом, для случая алитирования не наблюдается. Глубина слоя у плоских образцов и у цилиндрических полых образцов на наружной и внутренней поверхностях была практически одинаковой (фиг. 4).

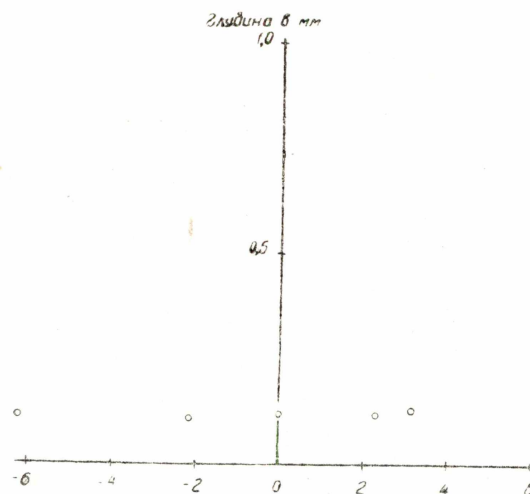
Это заставляет предположить, что основную роль в процессе алитирования в порошкообразных смесях играет обменная реакция, протекающая на поверхности образца и дающая атомарный алюминий, диффундирующий в сталь [2]:



Очевидно, что для протекания этой реакции необходима диффузия атомов железа по направлению к поверхности образца. При этом с увеличением кривизны поверхности образца должна снижаться концентрация атомов железа в поверхностном слое и, следовательно, замедляться процесс алитирования.

Таким образом, увеличение кривизны поверхности образца, если рассматривать процесс образования диффузного слоя с точки зрения диффузии только атомов алюминия, должно увеличивать глубину слоя. Если же рассматривать процесс со стороны встречной диффузии атомов железа, чеобходимой для успешного протекания обменной

реакции с образованием атомарного алюминия, то увеличение кривизны поверхности образца должно уменьшать глубину слоя. Противоположное влияние кривизны поверхности образца на эти два процесса и привело к тому, что в наших опытах глубина диффузионного



Фиг. 4. Влияние кривизны поверхности на глубину алитированного слоя армко-железа. Температура алитирования—950°; продолжительность—10 часов.

слоя в пределах ошибок измерения оставалась постоянной для образцов разной формы и размеров.

Выводы

1. Подтверждено влияние кривизны поверхности на глубину диффузионного слоя при цементации углеродом. Чем больше кривизна поверхности образца, тем больше глубина диффузионного слоя.

2. При цементации алюминием кривизна поверхности образцов в исследованных пределах на глубину диффузионного слоя не влияет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Замятнин М. М. ДАН СССР, № 4, т. 68, 1949.
2. Минкевич А. Н., Химико-термическая обработка стали, Машгиз, 1950.