

Э. И. ВРЖАЩ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СВОЙСТВ ЦИАНИРОВАННОГО СЛОЯ ОТ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПРОЦЕССА

Мнения различных авторов о влиянии степени герметичности процесса на свойства цианированного слоя, на эксплуатационные качества цианированных изделий и особенно режущего инструмента весьма разноречивы.

Одни считают, что степень герметичности процесса не оказывает существенного влияния на свойства цианированного слоя. Отсюда, как вывод, следовало, что для проведения процесса газового цианирования не требуются специальные установки, что он может успешно осуществляться на установках типа «Ц», предназначенных для газовой цементации.

Другие считают, что для получения слоя с высокими физико-механическими свойствами необходима определенная и достаточно высокая герметичность рабочего муфеля печи и всей газоподводящей системы. Следовательно, для проведения процесса газового цианирования необходимо иметь либо специальные установки, либо провести модернизацию существующих установок типа «Ц», так как они по своим конструктивным особенностям не могут обеспечить требуемую для цианирования герметичность.

Специальных исследований, посвященных изучению этого важного вопроса, не проводилось.

Нами была предпринята попытка выявить принципиальную зависимость свойств цианированного слоя от степени герметичности процесса.

Методика исследования

Исследовались образцы, изготовленные из стали 20. Образцы цианировались на установке «ИСХИ-4» по двум вариантам:

1) муфель печи герметически закрывался затвором со специальным герметиком;

2) муфель печи закрывался без герметика по принципу затвора на установках типа «Ц».

Режимы процессов во всех случаях были постоянными:

температура 850°;

длительность 3 часа;

количество капель керосина 60 капель/мин

количество аммиака 1,25 л/мин.

Образцы закаливались в воде от температуры процесса и испытывались на твердость, микротвердость, изгиб, контактный износ. Микроструктура слоя исследовалась с помощью оптического и электронного микроскопов при увеличениях в 350 и 16 000 раз.

Результаты исследования

Исследование на твердость. Во всех случаях твердость образцов, цианированных при негерметичном процессе, оказалась значительно ниже твердости образцов, цианированных в герметически закрывающемся муфеле. В таблице 1 приведены данные замеров твердости исследуемых образцов, цианированных по двум вариантам.

Таблица 1

Характеристика процесса	
герметичный	негерметичный
твердость по HRC	твердость по HRC
1. 61, 61, 62, 61, 60, 61, 61	51, 46, 48, 54, 39, 42, 51
2. 61, 59, 63, 61, 60, 62, 62	41, 41, 52, 48, 40, 53, 54
3. 60, 61, 60, 63, 60, 61, 60	48, 45, 36, 49, 55, 53, 40
4. 59, 62, 58, 61, 60, 62, 62	39, 56, 52, 48, 50, 40, 52

Из таблицы видно, что поверхностная твердость образцов, цианированных при негерметичном процессе, отличается неравномерностью, большой разбросанностью результатов.

На рис. 1 приведены данные исследования микротвердости цианированного слоя, полученного при исследуемых вариантах процесса. Как видно из графиков, микротвердость цианированного слоя, полученного при герметичном процессе, на 15—20% выше микротвердости слоя, полученного при негерметичном процессе.

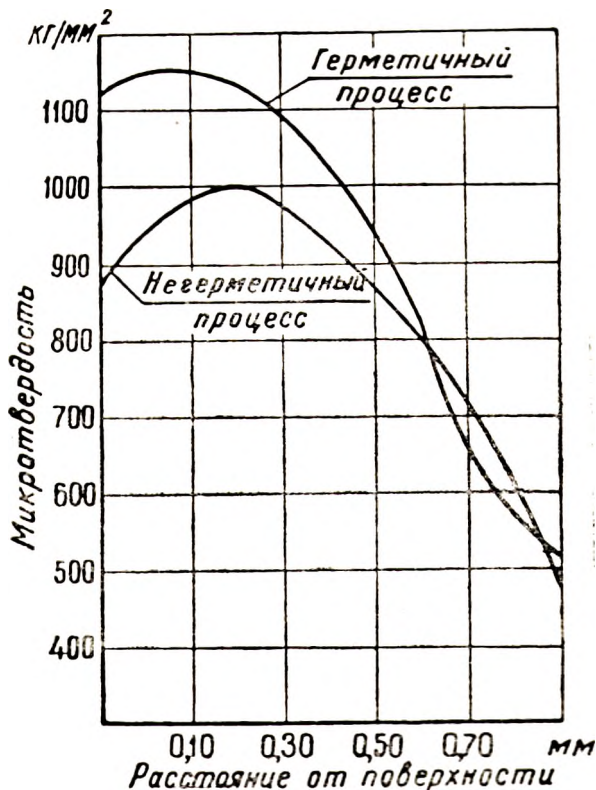


Рис. 1 Влияние герметичности процесса на микротвердость цианированного слоя стали 20.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что герметичность процесса оказывает значительное влияние на твердость цианированного слоя, на стабильность результатов процесса.

Испытание на изгиб. Испытание на изгиб проводилось на цианированных образцах диаметром 10 мм и длиной 180 мм.

Расстояние между опорами 120 мм. Глубина цианированного слоя во всех случаях была равной 0,55—0,60 мм. Испытания проводились на универсальной машине ГМС-50. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика процесса	
герметичный	негерметичный
$\sigma_{\text{вн}} \text{ кг/мм}^2$	$\sigma_{\text{вн}} \text{ кг/мм}^2$
150,0	148,0
156,0	150,0
158,0	152,0
159,0	54

Как видно из таблицы, герметичность процесса не оказывает существенного влияния на предел прочности цианированного слоя на изгиб. Установлено, что предел прочности при статическом изгибе образцов, цианированных при герметичном процессе, на 1—4% выше предела прочности образцов, цианированных при негерметичном процессе.

Испытания на контактный износ. Практика испытания машин и натурные испытания многих высоконагруженных деталей показывают, что основной причиной выхода из строя этих деталей является контактная усталость поверхности.

В целях более полного изучения свойств цианированного слоя на механическом пульсаторе, сконструированном и построенном на кафедре, проводились исследования по выяснению влияния герметичности процесса на контактный износ цианированного слоя.

Характер износа образцов был приближен к характеру износа, получающемуся в эксплуатационных условиях контактирующих поверхностей таких деталей, как шестерни трансмиссий, коробки передач автомобилей, тракторов и т. п.

Испытания проводились на пульсаторе при следующих режимах:

- | | |
|----------------------------------|---------|
| а) число ударов в минуту | 493; |
| б) нагрузка на подвижный образец | 27 кг; |
| в) ударная нагрузка | 875 кг. |

Испытывались образцы без смазки.

Износ подвижных и вращающихся образцов определялся на аналитических весах с точностью до 0,0001 грамма.

На рис. 2 представлены кривые, характеризующие степень износа образцов. Как видно из графика, наибольший износ при прочих равных условиях наблюдался на образцах, цианированных при негерметичном процессе.

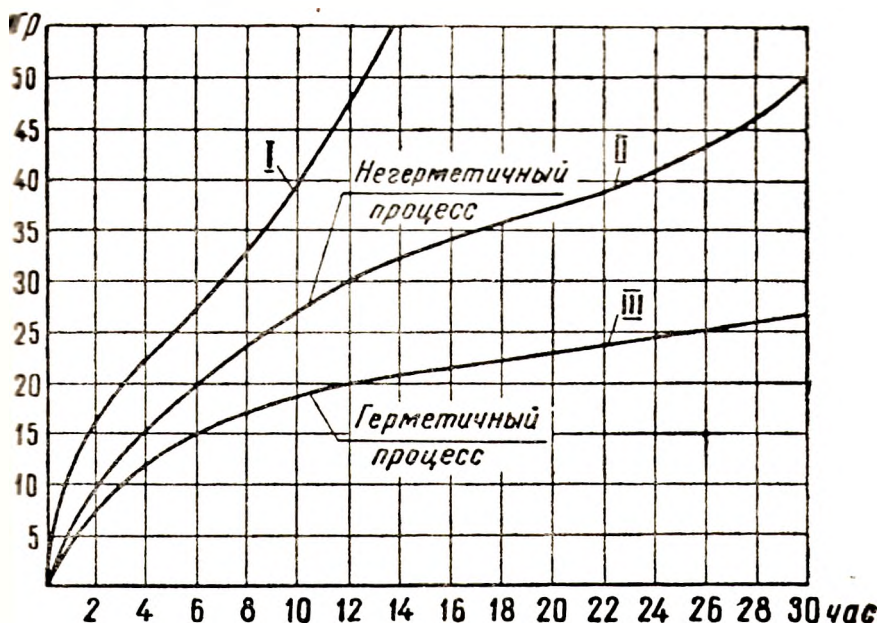


Рис. 2. Сравнительные кривые контактного износа цианированных и цементированных образцов стали 20:

1 — цементированные образцы; 2 — цианированные при негерметичном процессе; 3 — цианированные при герметичном процессе.

Результаты сравнительных исследований контактного износа показывают, что герметичность процесса оказывает значительное влияние на прочностные свойства цианированного слоя. Полученные данные в какой-то мере объясняют причину создания у некоторых исследователей и в особенности практиков ошибочного представления об относительном благополучии хода и получаемых результатов процесса цианирования на установках типа «Ц» без их модернизации.

Мнение, что процесс цианирования не нуждается в особой герметичности установок базируется, видимо, на том, что при переводе печей типа «Ц» на газовое цианирование (без их модернизации) получают достаточно высокие, по

сравнению с цементацией, результаты. Однако кривые, представленные на рис. 2, указывают, что при проведении процесса газового цианирования на немодернизированных установках типа «Ц» возможности повышения качества служебных свойств цианированного слоя используются недостаточно полно.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что герметичность процесса оказывает значительное влияние на контактный износ цианированного слоя.

Контактный износ стали 20, цианированный при негерметичном процессе, на 50—60% выше износа цианированной стали, обработанной при герметичном процессе.

Исследование влияния герметичности процесса на макроструктуру цианированного слоя

Глубина слоя во всех случаях равнялась 0,55—0,60 мм. На рис. 3 представлена микрофотография цианированного слоя, полученного при герметичном процессе; на рис. 4 — при негерметичном процессе.

При анализе структуры наружной зоны цианированного слоя в подавляющем большинстве случаев наблюдается слой с ярко выраженными белыми включениями глубиной 0,15—0,20 мм (рис. 4). В литературе эту зону слоя называют «бе-



Рис. 3. Микроструктура цианированного слоя стали 20, полученного при герметичном процессе. $\times 350$.



Рис. 4. Микроструктура цианированного слоя стали 20, полученного при негерметичном процессе. $\times 350$.

лая корочка». Существует мнение, что эта корочка, будучи очень твердой, придает цианированному слою повышенную хрупкость.

Проведенные исследования подтвердили, что цианированный слой, имеющий в структуре наружной зоны белую корочку, обладает повышенной хрупкостью. Повышенная же твердость наружной зоны в районе расположения белой корочки не наблюдалась. Наоборот, многочисленные исследования микротвердости цианированного слоя показали, что на расстоянии от поверхности слоя до 0,15—0,17 мм микротвердость слоя оказывается всегда несколько ниже микротвердости слоя, лежащего за белой корочкой. Видимо, повышенная хрупкость цианированного слоя, имеющего в своей наружной зоне белую корочку, объясняется не только ее структурой, но степенью окисленности зерен металла этой зоны.

Установлено, что при цианировании стали в герметически закрывающемся муфеле белая корочка не образуется (рис. 3). Несмотря на то, что микротвердость наружной зоны цианированного слоя, полученного при герметичном процессе, значительно выше микротвердости наружной зоны слоя негерметичного процесса (рис. 1), слой, полученный при герметичном процессе, оказался менее хрупким.



Рис. 5. Электронная микрофотография наружной зоны цианированного слоя стали 20, полученного при герметичном процессе. $\times 16\,000$.



Рис. 6. Электронная микрофотография наружной зоны цианированного слоя стали 20, полученного при негерметичном процессе. $\times 16\,000$.

На рис. 5 и 6 представлены электронные микрофотографии наружной зоны слоя при увеличении в 16000 раз. Как видно, в структуре слоя, образованного при негерметичном процессе (рис. 6), содержится черная фаза неизвестного состава. В наружной зоне слоя, цианированного при герметичном процессе, черная фаза не обнаруживается (рис. 5).

ВЫВОДЫ

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Герметичность процесса оказывает решающее влияние на служебные свойства цианированного слоя.

2. Твердость цианированного слоя, полученного при герметичном процессе, на 15—20% выше твердости слоя, образованного при негерметичном процессе.

3. Контактный износ стали 20, цианированной при негерметичном процессе, на 50—60% выше износа этой же стали, цианированной при герметичном процессе.

4. В микроструктуре наружной зоны цианированного слоя, образованного при негерметичном процессе, наблюдается белая корочка, придающая слою повышенную хрупкость.

5. При электронно-микроскопических исследованиях наружной зоны цианированного слоя, полученного при негерметичном процессе, наблюдается черная фаза неизвестной природы.

6. В наружной зоне цианированного слоя, полученного при герметичном процессе, наблюдается равномерная структура азотистого мартенсита. Белая корочка и черная фаза не обнаруживаются.

7. Высокие физико-механические свойства и стабильные результаты процесса могут быть достигнуты лишь только при условии достаточной герметичности рабочего муфеля печи и всей газоподводящей системы установки.

8. Установки типа «Ц», предназначенные для газовой цементации при переводе их на газовое цианирование, нуждаются в модернизации, так как они по своим конструктивным особенностям не обеспечивают необходимую герметичность и в силу этого не гарантируют стабильность процесса.