

Полученные данные позволят не только облегчить производство пуско-наладочных работ при запуске печи, но и вывести печь на энергосберегающие режимы работы [9].

Список использованных источников

1. *Иванов Д.А., Сеничкин Б.К.* Результаты исследования тепловой работы щелевых печей // Известия вузов «Черная металлургия». 2007. № 7. С. 48–50.
2. *Зеньковский А.Г., Герцык С.И., Костяков В.В.* Расчет теплообмена в печах с излучающим сводом // Известия вузов «Черная металлургия». 1971. № 5. С. 166–169.
3. *Ключников А.Д., Иванцов Г.П.* Теплопередача излучением в огнетехнических установках (инженерные решения задач). М.: Энергия, 1970. 296 с.
4. *Лисиенко В.Г.* Интенсификация теплообмена в пламенных печах. М.: Металлургия, 1979. 224 с.
5. *Свинолобов Н.П., Бровкин В.Л.* Учет селективности излучения газа при сводовом отоплении камерных печей // Металлургическая теплотехника : сб. науч. тр. национальной металлургической академии Украины. Том 9. Днепропетровск: НМетАУ, 2003. С. 144–153.
6. *Свинолобов Н.П., Бровкин В.Л.* Анализ эффективности сводового отопления камерных пламенных печей // Металлургическая теплотехника : сб. науч. тр. в национальной металлургической академии Украины. Т. 8. Днепропетровск: НМетАУ, 2002. С. 56–66.
7. *Иванов Д.А., Сеничкин Б.К.* Аналитическое определение коэффициента теплоотдачи с помощью пристеночных функций // Энергетики и металлурги настоящему и будущему России: материалы 8-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов / под общ. ред. Б.К. Сеничкина. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. С. 141–145.
8. *Иванов Д.А., Сеничкин Б.К.* Особенности теплообмена и газодинамики факела плоскопламенных горелок // Теория и практика нагревательных печей в XXI веке : тр. Всерос. науч.-практ. конф. 25–26 мая 2010 г. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. С. 193–195.
9. *Иванов Д.А., Сеничкин Б.К.* Разработка энергосберегающих режимов нагрева заготовок в щелевой печи // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : сб. материалов Всерос. студенческой олимпиады, науч.-практ. конф. и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых. 22–26 ноября 2010 г. Екатеринбург: УрФУ, 2010. С. 82–84.

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СЛОЖНОСТИ ФОРМЫ ДЕТАЛИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ГРОССМАНА ПРИ ЗАКАЛКЕ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

© С.В. Иванов, Л.А. Ошурина, В.А. Скуднов, 2012

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный
технический университет имени Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

С использованием синтетических сред возникает вопрос о методике анализа их свойств, способствующей улучшению качества готовых деталей. Главная характеристика любой закалочной среды – способность поглощать тепло от детали со скоростью не меньшей критической скорости охлаждения, по крайней мере, в верхнем слое металла, а во многих случаях на заданном участке или по всему сечению. Выполнение этого условия имеет целью предупредить диффузионные превращения переохлажденного аустенита и получить преимущественно мартенситную структуру или структуру нижнего бейнита.

Современные закалочные среды должны обладать следующим набором характеристик [1]:

1) отсутствие чрезмерных закалочных деформаций, зависящих от кинетики охлаждения во всей температурной области и, в особенности, от достаточно малой его скорости при температурах ниже M_n ;

2) эксплуатационная стойкость, высокое сопротивление термическому разложению и окислению;

3) отсутствие химических реакций с поверхностью закаливаемых деталей и резервуаров охлаждающих сред, а в случае закалки в защитной атмосфере также и с этой атмосферой;

4) достаточно малая упругость пара (в случае закалки в вакуумных агрегатах);

5) соответствие требованиям снижения токсичности, возгораемости, защиты природной среды и чистоты рабочего места;

6) остатки закалочной жидкости должны легко удаляться с поверхности деталей путем мойки или отпаривания;

7) малая удельная стоимость (на единицу продукции).

Так как основной характеристикой закалочной среды является скорость охлаждения, то к настоящему времени предложено довольно много методов для ее измерения:

- французский метод серебряного цилиндрического образца;
- английский метод образца из сплава инконель 600 (X20H80);
- магнитный метод (метод никелевого шарика);
- метод Гроссмана;
- метод Джомини;
- метод Вюннинга (QTA);
- метод Лишчича.

Более подробно эти методы описаны в справочнике В. Люты [1].

Гроссман и Урбан опубликовали свою концепцию так называемого коэффициента интенсивности охлаждения, использование которого в настоящее время широко применяется (в особенности в США).

$$H = \alpha_H / 2\lambda, \quad (1)$$

где α_H – коэффициент теплопередачи, λ – теплопроводность металла

Метод Гроссмана можно модифицировать, приблизив к реальному процессу, если добавить в формулу коэффициент сложности формы, в виде отношения периметра детали к периметру круга с площадью равной площади детали. Его влияние более подробно рассмотрено в работе [2]. При этом формула (2) приобретает вид:

$$H = \alpha_H K_P / 2\lambda, \quad (2)$$

где K_P – коэффициент сложности формы по периметру.

Добавление в формулу данного коэффициента обусловлено практическим наблюдениями – чем сложнее форма детали, тем выше вероятность возникновения закалочных трещин вследствие более интенсивного охлаждения некоторых участков детали.

В ходе расчета теплоотдача конвекцией не учитывается, т.к. стадия конвективного теплообмена непродолжительная в процессе закалочного охлаждения.

Пример использования модифицированной формулы для практического расчета:

Исходные данные:

Сталь 40X;

Форма детали – трапециевидная [2, деталь № 5] $K_P = 1,123$;

$t_0 = 20$ °C; $t_3 = 850$ °C;

$\lambda_0 = 41$ Вт/м·°C (коэффициент теплопроводности стали при 20 °C);

$\lambda_3 = 27$ Вт/м·°C (коэффициент теплопроводности стали при температуре закалки 850 °C);

$\lambda_{cp} = (\lambda_0 + \lambda_3) / 2 = 34$ Вт/м·°C (среднее значение коэффициента теплопроводности в интервале охлаждения);

$$\alpha_H = 0,04 C_{np} c_0 \left(\frac{T_{cp}}{100} \right)^3, \quad (3)$$

где C_{np} – приведенный коэффициент излучения; c_0 – коэффициент теплоемкости закалочной среды; T_{cp} – средняя температура системы закалочная среда-деталь;

$c_{\text{воды}} = 4,2 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°C}$; $c_{\text{масла}} = 1,93 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°C}$ (индустриальное масло И20);

$$\alpha_{\text{вода}} = 0,04 \cdot 4,48 \cdot 4,2 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot (20 + 850)}{100} \right)^3 = 61,95 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} ;$$

$$\alpha_{\text{масло}} = 0,04 \cdot 4,48 \cdot 1,93 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot (20 + 850)}{100} \right)^3 = 28,46 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} ;$$

$$H_{\text{вода}} = 61,95 \cdot 1,123 / 2 \cdot 34 = 1,02;$$

$$H_{\text{масло}} = 28,46 \cdot 1,123 / 2 \cdot 34 = 0,47.$$

Значения коэффициента Гроссмана для деталей с различным коэффициентом сложности формы, взятым из таблицы 1 [2], приведены в табл. 2.

Таким образом, из анализа данных таблицы 1 следует, что:

1. При одинаковом коэффициенте сложности формы, коэффициент Гроссмана возрастает при переходе от углеродистых сталей (45, 40Х) к легированным (65Г, 30ХГСА).

2. При увеличении коэффициента сложности формы для деталей одной марки сталей возрастает и коэффициент Гроссмана.

3. При переходе от углеродистых к легированным сталям и с ростом коэффициента сложности формы коэффициент Гроссмана возрастает.

4. При охлаждении в масле для всех случаев, рассмотренных в табл. 1, коэффициент Гроссмана ниже, чем при охлаждении в воде.

Список использованных источников

1. *Люты В.* Закалочные среды : справ. изд. / Люты В. ; под ред. Масленкова С.Б. : пер. с польск. Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение. 1990. 192 с.
2. *Грунева Т.А., Скуднов В.А.* Влияние формы деталей из стали 45 на коробление при разных способах охлаждения при закалке // Сборник трудов НГТУ. 2005. С. 175–179.
3. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи. – Изд-е 2-е, стереотип. М.: «Энергия», 1977.

Таблица 1

Значения коэффициента Гроссмана для различных марок стали и коэффициентов сложности формы

Марка стали	Геометрическая форма детали		1	2	3	4	5
	Порядковый номер	Коэф. сложности формы					
40X	1	0,951	34	61,95	28,46	0,86638897	0,39802147
	2	1	35	62,95	29,46	0,89928571	0,42085714
	3	1,049	36	63,95	30,46	0,93171597	0,44378528
	4	1,098	37	64,95	31,46	0,96371757	0,46679838
	5	1,123	38	65,95	32,46	0,97449803	0,47963921
45	1	0,951	37,5	61,95	28,46	0,785526	0,3608728
	2	1	38,5	62,95	29,46	0,81753247	0,3825974
	3	1,049	39,5	63,95	30,46	0,84915886	0,40446253
	4	1,098	40,5	64,95	31,46	0,88043333	0,42645778
	5	1,123	41,5	65,95	32,46	0,89231145	0,43918771
50Г	1	0,951	35,5	66,95	33,46	0,89675282	0,44817549
	2	1	36,5	67,95	34,46	1,04538462	0,53015385
	3	1,049	37,5	68,95	35,46	1,0795306	0,55518716
	4	1,098	38,5	69,95	36,46	0,99746883	0,51991013
	5	1,123	39,5	70,95	37,46	1,00856772	0,53250101
65Г	1	0,951	31,5	71,95	38,46	1,08610238	0,58056286
	2	1	32,5	72,95	39,46	1,12230769	0,60707692
	3	1,049	33,5	73,95	40,46	1,15781418	0,63347075
	4	1,098	34,5	74,95	41,46	1,19268261	0,65975478
	5	1,123	35,5	75,95	42,46	1,20129366	0,67158563
30ХГСА	1	0,951	34	76,95	43,46	1,07616838	0,60780088
	2	1	34	77,95	44,46	1,14632353	0,65382353
	3	1,049	35	78,95	45,46	1,18312214	0,68125057
	4	1,098	36	79,95	46,46	1,2192375	0,708515
	5	1,123	37	80,95	47,46	1,22847095	0,72023757