

669
Р-64
**МОСКОВСКИЙ
МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

Канд. техн. наук доц.
А. Н. РОЗАНОВ

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ
И УПРАЖНЕНИЯ ПО КУРСУ
МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ**

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Д-РА ТЕХН. НАУК
ПРОФ. А. Ф. ЛАНДА

**МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
МЕТАЛЛОВ**



**РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ
ОТДЕЛ**

Москва

1947

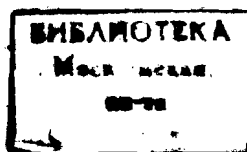
Канд. техн. наук доц.
А. Н. РОЗАНОВ

669 /
P-64

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ И УПРАЖНЕНИЯ
ПО КУРСУ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ

М Е Т О Д Ы
И С С Л Е Д О В А Н И Я М Е Т А Л Л О В

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Д-РА ТЕХН. НАУК ПРОФ. А. Ф. ЛАНДА



Печевые
1948 г.

154

от
в
в
в
в

65

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
<i>Введение</i>	1
<i>I. Механические испытания</i>	2
<i>II. Термический метод исследования</i>	26
<i>III. Методы исследования структуры металлов</i>	36
<i>Инструкция к работе №1.</i>	47

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует очень много различных методов испытания металлов и сплавов. Это обуславливается тем, что металлургические и машиностроительные заводы, выпуская продукцию, качества которой должна удовлетворять определенным техническим условиям, производят большое количество различных испытаний, а также и тем, что исследовательские институты и заводские лаборатории, работая над изысканием новых и улучшением существующих сплавов, совершенствуя технологию производства и пр., тоже проводят всесторонние испытания металлов и сплавов.

К наиболее часто применяемым методам исследования можно отнести:

1. Механические испытания
 2. Термический метод исследования
 3. Исследование структуры
-

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Наиболее простым и распространенным методом испытания механических свойств металлов и сплавов является метод определения твердости. Достаточно сказать, что почти вся продукция металлургических и машиностроительных заводов подвергается испытанию на твердость, результаты которого являются окончательной характеристикой механических свойств металлов для основной массы заводской продукции. И только незначительная часть продукции подвергается более сложным механическим испытаниям: на разрыв, на ударную вязкость, на усталость и др.

Следует также отметить, что промежуточные и окончательные операции термической обработки контролируются испытанием на твердость.

Наиболее распространенными приборами для испытания твердости являются приборы Бринеля и Роквелла. Испытание твердости на этих приборах основано на методе вдавливания в испытуемый металл алмазного конуса или стального шарика. Под твердостью в этом случае понимается сопротивление испытуемого металла внедрению в него другого более твердого тела.

МЕТОД БРИНЕЛЯ

Этот метод был предложен в 1900 году шведским инженером Ж. А. Бринелем и основан на вдавливании в испытуемый металл твердого стального шарика.

Твердость по Бринелю вычисляют по формуле

$$H_b = \frac{P}{f} = \text{кг/мм}^2,$$

где P - нагрузка на шарик в килограммах;

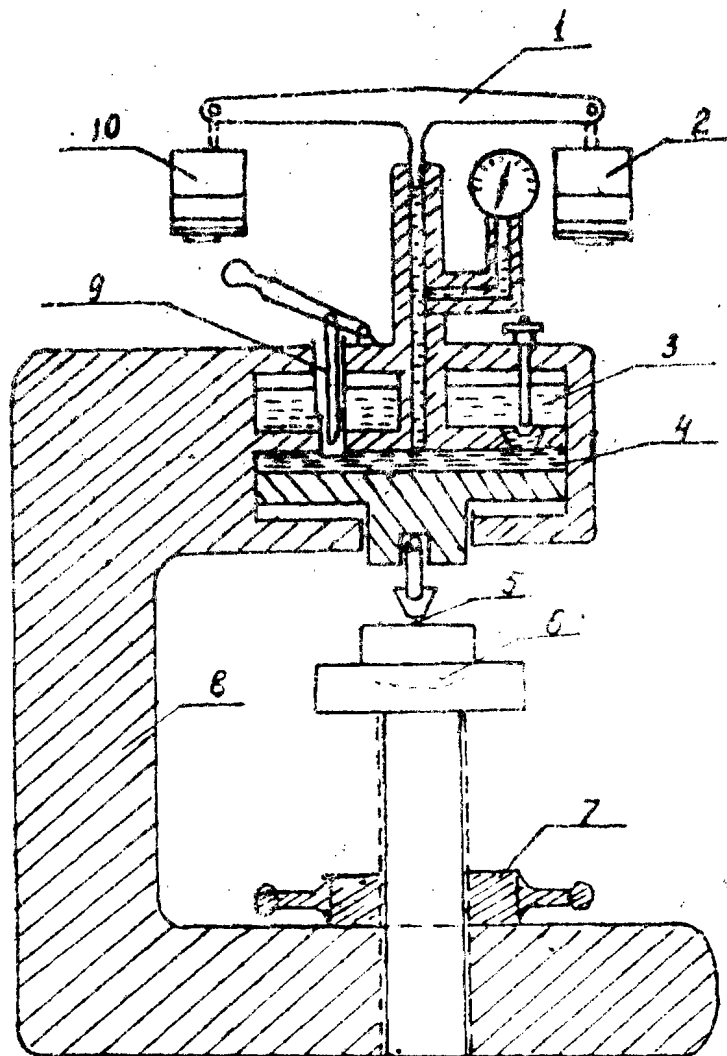
f - поверхность отпечатка шарового сегмента в квадратных миллиметрах.

Твердость по Бринелю обычно не вычисляют, а находят по таблице и обозначают числом без наименования твердости (кг/мм²).

УСТРОЙСТВО ПРИБОРА БРИНЕЛЯ

Приборы Бринеля по способу приложения нагрузки подразделяются на гидравлические и рычажные.

На фиг. 1 изображен гидравлический пресс Бринеля. Он состоит из чугунной станины 8, в которой смонтированы все остальные части. Шаровая опора 6 помещается на винте, который вертикально перемещается при помощи маховика 7. В верхней части станины находится резервуар 3 для масла, которое при помощи насоса 9 можно перекачивать в цилиндр 4. На коротысле 1 висят грузы 2. Вес грузов подбирают, исходя из необходимой нагрузки на шарик 5. При увеличении давления в цилиндре 4 до величины, соответствующей грузам 2, масло поднимает маленький



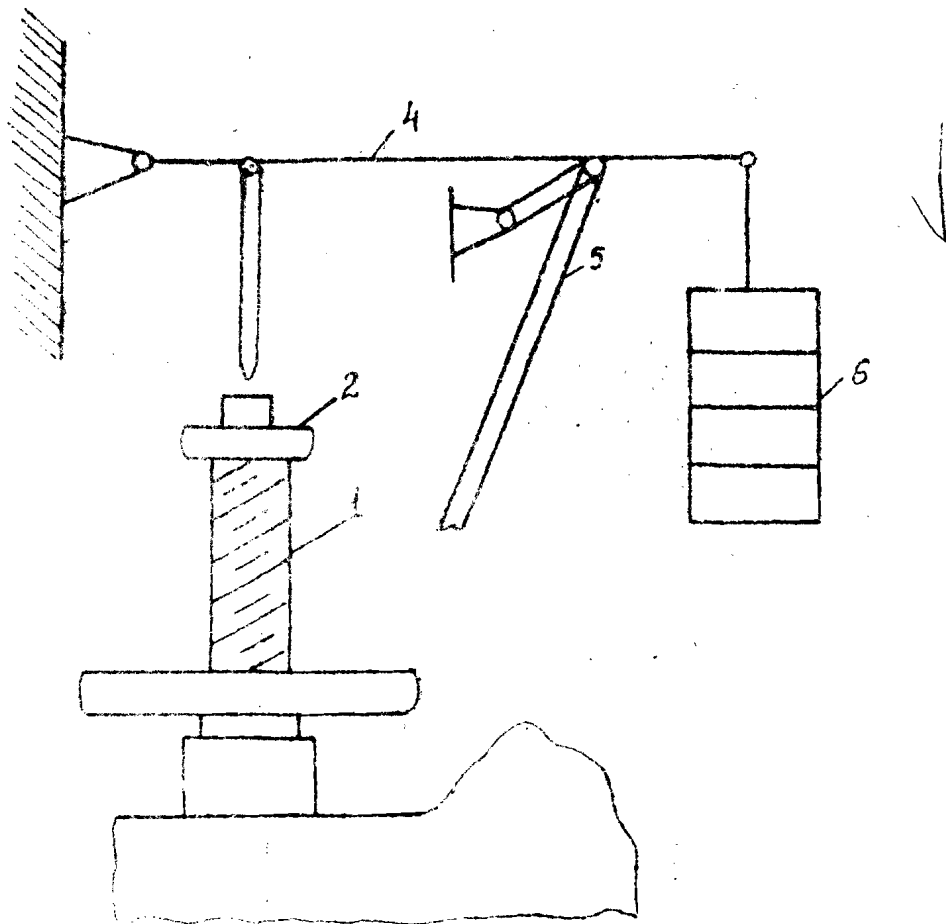
фиг 1

Схема гидравлического пресса Бринеля

поршень с коромыслом 1 и грузами 2, это показывает, что давление в цилиндре 4 а, следовательно, давление на шарик достигло необходимой величины.

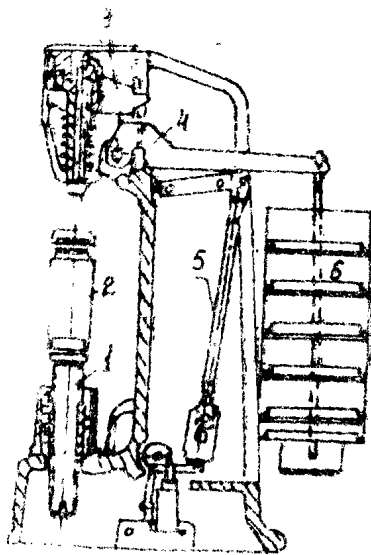
На фиг. 2 и 2а изображены схема и чертеж рычажного, механизированного прибора Бринеля, где 2-стол для подъема испытуемого образца, 1-подъемный винт; 3 и 4 - рычажные весы для передачи нагрузки на шарик, 5-шатун, 6-грузы.

Нагрузка на шарик производится грузами с помощью электромотора, установленного сбоку,



Фиг. 2

Упрощенная схема механизированного прибора Бринеля.



Фиг. 2 а

Механизированный прибор Бринеля

который включается специальной кнопкой. Вращение электромотора посредством червячной передачи сообщается кривошипу шатуна 5. При опускании шатуна нагрузка передается шарiku, после чего шатун, опускаясь ниже, выходит из соприкосновения с рычагом 4. В этот период времени происходит выдержка данной нагрузки на шарик, а затем шатун снова поднимается, снимает нагрузку и мотор

автоматически выключается, что сопровождается звуковым сигналом, указывающим на окончание испытания.

Помимо описанных выше приборов Бринеля, существуют: 1) автоматические гидравлические и 2) рычажные немеханизированные приборы. Все четыре разновидности приборов Бринеля имеются в лабораториях Механического института.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ ТВЕРДОСТИ НА ПРИБОРЕ БРИНЕЛЯ

1. Проверить соответствие грузов с выбранным диаметром шарика. Диаметр шарика и нагрузку выбирают согласно таблице 1.

Таблица 1

Толщина образца в мм	Диаметр D шарика в мм	Нагрузка P в кг		
		$30 D^2$ для чугуна и стали	$10 D^2$ для твердой меди, латуни, бронзы и т.п.	$2,5 D^2$ для более мягких материалов
Более 6	10	3000	1000	250
6 - 3	5	750	250	62,5
менее 3	2,5	187,5	62,5	15,6

2. Установить образец на столик и при помощи подъемного винта плотно его прижать к шарик.

В некоторых приборах существуют специальные указатели, ограничивающие предварительное

* Твердость образцов толщиной менее 3 мм обычно испытывают на приборе Роквелла.

давление образца на шарик.

3. Произвести нагрузку на шарик.

При этом надо иметь в виду, что нагрузку надо производить постепенно, без толчков в течение 15 сек. и держаться на конечной величине 30 секунд; для стали с твердостью $H_v \geq 140$ достаточно 10 секунд; так как в твердом металле значительно скорее заканчивается процесс деформации. После этого плавно снимают нагрузку и опускают столик.

4. С помощью специального измерительного микроскопа, увеличивающего в 20 раз, определяют диаметр отпечатка, полученного на образце. Для этого микроскоп устанавливают на образец так, чтобы продольный вырез в трубке был направлен к свету, а отпечаток находился в центре отверстия, имеющегося на конце трубки микроскопа. Затем отпечаток и шкалу микроскопа устанавливают на фокус.

Шкалу микроскопа устанавливают по диаметру отпечатка так, чтобы одно из делений шкалы совпадало с краем отпечатка. Подсчитывают число делений, уместившихся на диаметре отпечатка в двух взаимно-перпендикулярных направлениях и устанавливают действительный средний размер отпечатка. При этом надо иметь в виду, что каждое деление шкалы микроскопа равно 0,1 мм.

5. Найти по таблицам 2 или 3 твердость металла. При этом необходимо обратить внимание на соответствие данной таблицы с выбранными диаметром шарика и нагрузкой.

Таблица 2.

Твердость по Бринеллю при $P = 3000 \text{ кг}$ и D шарика = 10 мм

Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ
1, 61	1464	1, 88	1071	2, 15	817	2, 42	643
1, 62	1446	1, 89	1060	2, 16	809	2, 43	637
1, 63	1428	1, 90	1048	2, 17	802	2, 44	632
1, 64	1411	1, 91	1037	2, 18	794	2, 45	627
1, 65	1393	1, 92	1027	2, 19	787	2, 46	621
1, 66	1377	1, 93	1016	2, 20	780	2, 47	616
1, 67	1360	1, 94	1005	2, 21	772	2, 48	611
1, 68	1344	1, 95	995	2, 22	765	2, 49	606
1, 69	1328	1, 96	985	2, 23	758	2, 50	601
1, 70	1312	1, 97	975	2, 24	752	2, 51	597
1, 71	1297	1, 98	965	2, 25	745	2, 52	592
1, 72	1282	1, 99	955	2, 26	738	2, 53	587
1, 73	1267	2, 00	945	2, 27	732	2, 54	582
1, 74	1252	2, 01	936	2, 28	725	2, 55	578
1, 75	1238	2, 02	926	2, 29	719	2, 56	573
1, 76	1223	2, 03	917	2, 30	712	2, 57	569
1, 77	1210	2, 04	908	2, 31	706	2, 58	564
1, 78	1196	2, 05	899	2, 32	703	2, 59	560
1, 79	1183	2, 06	890	2, 33	694	2, 60	555
1, 80	1169	2, 07	882	2, 34	688	2, 61	551
1, 81	1156	2, 08	873	2, 35	682	2, 62	547
1, 82	1144	2, 09	865	2, 36	676	2, 63	543
1, 83	1131	2, 10	856	2, 37	670	2, 64	538
1, 84	1119	2, 11	848	2, 38	665	2, 65	534
1, 85	1106	2, 12	840	2, 39	659	2, 66	530
1, 86	1094	2, 13	832	2, 40	653	2, 67	526
1, 87	1083	2, 14	824	2, 41	648	2, 68	522

Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ
2,69	518	2,99	447	3,29	343	3,59	286
2,70	514	3,00	445	3,30	341	3,60	285
2,71	510	3,01	442	3,31	339	3,61	283
2,72	507	3,02	409	3,32	337	3,62	282
2,73	508	3,03	406	3,33	335	3,63	280
2,74	499	3,04	404	3,34	333	3,64	278
2,75	495	3,05	401	3,35	331	3,65	277
2,76	492	3,06	398	3,36	329	3,66	275
2,77	488	3,07	395	3,37	327	3,67	274
2,78	485	3,08	393	3,38	325	3,68	272
2,79	481	3,09	390	3,39	323	3,69	271
2,80	477	3,10	388	3,40	321	3,70	269
2,81	474	3,11	386	3,41	319	3,71	268
2,82	471	3,12	382	3,42	317	3,72	266
2,83	467	3,13	380	3,43	315	3,73	265
2,84	464	3,14	378	3,44	313	3,74	263
2,85	461	3,15	375	3,45	311	3,75	262
2,86	457	3,16	373	3,46	309	3,76	260
2,87	454	3,17	370	3,47	307	3,77	259
2,88	451	3,18	368	3,48	306	3,78	257
2,89	448	3,19	366	3,49	304	3,79	256
2,90	444	3,20	363	3,50	302	3,80	255
2,91	441	3,21	361	3,51	300	3,81	253
2,92	438	3,22	359	3,52	298	3,82	252
2,93	435	3,23	356	3,53	297	3,83	250
2,94	432	3,24	354	3,54	295	3,84	249
2,95	429	3,25	352	3,55	293	3,85	248
2,96	426	3,26	350	3,56	292	3,86	246
2,97	423	3,27	347	3,57	290	3,87	245
2,98	420	3,28	345	3,58	288	3,88	244

Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ
3,89	242	4,19	208	4,49	179	4,78	157
3,90	241	4,20	207	4,50	179	4,79	156
3,91	240	4,21	205	4,51	178	4,80	155
3,92	239	4,22	204	4,52	177	4,81	155
3,93	237	4,23	203	4,53	176	4,82	154
3,94	236	4,24	202	4,53	175	4,83	154
3,95	235	4,25	201	4,54	174	4,84	152
3,96	234	4,25	200	4,55	174	4,85	152
3,97	232	4,27	199	4,56	174	4,86	152
3,98	231	4,28	198	4,57	173	4,87	151
3,99	230	4,29	198	4,58	172	4,88	150
4,00	229	4,30	197	4,59	171	4,89	150
4,01	228	4,31	196	4,60	170	4,90	149
4,02	228	4,32	195	4,61	170	4,91	148
4,03	225	4,33	194	4,62	169	4,92	148
4,04	224	4,34	193	4,63	168	4,93	147
4,05	223	4,35	192	4,64	167	4,94	146
4,06	222	4,36	191	4,65	167	4,95	146
4,07	221	4,37	190	4,66	166	4,96	145
4,08	219	4,38	189	4,67	165	4,97	144
4,09	218	4,39	188	4,68	164	4,98	144
4,10	217	4,40	187	4,69	164	4,99	143
4,11	216	4,41	186	4,70	163	5,00	143
4,12	215	4,42	185	4,71	162	5,01	142
4,13	214	4,43	185	4,72	161	5,02	141
4,14	213	4,44	184	4,73	161	5,03	141
4,15	212	4,45	183	4,74	160	5,04	140
4,16	211	4,46	182	4,75	159	5,05	140
4,17	210	4,47	181	4,76	158	5,06	139
4,18	209	4,48	180	4,77	158	5,07	138
						5,08	138

Продолжение таблицы 2

Диам. отпечатка в мм.	Нв	Диам. отпечатка в мм.	Нв	Диам. отпечатка в мм.	Нв	Диам. отпечатка в мм.	Нв
5,09	137	5,39	121	5,69	107	5,99	95,9
5,10	137	5,40	121	5,70	107	6,00	95,5
5,11	136	5,41	120	5,71	107	6,01	95,1
5,12	135	5,42	120	5,72	106	6,02	94,8
5,13	135	5,43	119	5,73	106	6,03	94,4
5,14	134	5,44	119	5,74	105	6,04	94,1
5,15	134	5,45	118	5,75	105	6,05	93,7
5,16	133	5,46	118	5,76	105	6,06	93,7
5,17	133	5,47	117	5,77	104	6,07	93,0
5,18	132	5,48	117	5,78	104	6,08	92,7
5,19	132	5,49	116	5,79	103	6,09	92,3
5,20	131	5,50	116	5,80	103	6,10	92,0
5,21	130	5,51	115	5,81	103	6,11	91,7
5,22	130	5,52	115	5,82	102	6,12	91,3
5,23	129	5,53	114	5,83	102	6,13	91,0
5,24	129	5,54	114	5,84	101	6,14	90,6
5,25	128	5,55	114	5,85	101	6,15	90,3
5,26	128	5,56	113	5,86	101	6,16	90,0
5,27	127	5,57	113	5,87	100	6,17	89,7
5,28	127	5,58	112	5,88	99,9	6,18	89,3
5,29	126	5,59	112	5,89	99,5	6,19	89,0
5,30	126	5,60	111	5,90	99,2	6,20	88,7
5,31	125	5,61	111	5,91	98,8	6,21	88,3
5,32	125	5,62	110	5,92	98,4	6,22	88,0
5,33	124	5,63	110	5,93	98,0	6,23	87,7
5,34	124	5,64	110	5,94	97,7	6,24	87,4
5,35	123	5,65	109	5,95	97,3	6,25	87,1
5,36	123	5,66	109	5,96	96,9	6,26	86,7
5,37	122	5,67	108	5,97	96,6	6,27	86,4
5,38	122	5,68	108	5,98	96,2	6,28	86,1

Продолжение таблицы 2

Диам. отпечатка в мм	Нв	Диам. отпечатка в мм	Нв	Диам. отпечатка в мм	Нв	Диам. отпечатка в мм	Нв
6,29	85,8	6,47	80,4	6,65	75,4	6,83	70,8
6,30	85,5	6,48	80,1	6,66	75,2	6,84	70,6
6,31	85,2	6,49	79,8	6,67	74,9	6,85	70,4
6,32	84,9	6,50	79,6	6,68	74,7	6,86	70,1
6,33	84,6	6,51	79,3	6,69	74,4	6,87	69,9
6,34	84,3	6,52	79,0	6,70	74,1	6,88	69,6
6,35	84,0	6,53	78,7	6,71	73,9	6,89	69,4
6,36	83,7	6,54	78,4	6,72	73,6	6,90	69,2
6,37	83,4	6,55	78,2	6,73	73,4	6,91	68,9
6,38	83,1	6,56	77,9	6,74	73,1	6,92	68,7
6,39	82,8	6,57	77,6	6,75	72,8	6,93	68,4
6,40	82,5	6,58	77,3	6,76	72,6	6,94	68,2
6,41	82,2	6,59	77,1	6,77	72,3	6,95	68,0
6,42	81,9	6,60	76,8	6,78	72,1	6,96	67,7
6,43	81,6	6,61	76,5	6,79	71,8	6,97	67,5
6,44	81,3	6,62	76,2	6,80	71,6	6,98	67,3
6,45	81,0	6,63	76,0	6,81	71,3	6,99	67,0
6,46	80,7	6,64	75,7	6,82	71,1	7,00	66,8

Таблица 3

Твердость по Бринеллю при $P=750 \text{ кг}$ и $D \text{ шарика} = 5 \text{ мм}$

Диам отпечатка в мм	Нв	Диам отпечатка в мм	Нв	Диам отпечатка в мм	Нв	Диам отпечатка в мм	Нв
0,81	1446	0,84	1344	0,87	1252	0,90	1169
0,82	1411	0,85	1312	0,88	1223	0,91	1144
0,83	1377	0,86	1282	0,89	1196	0,92	1119

Продолжение таблицы 3

Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ	Диам. отпечатка в мм	НВ
0,93	1094	1,26	592	1,62	354	1,92	249
0,94	1071	1,27	582	1,63	350	1,93	246
0,95	1048	1,28	573	1,64	345	1,94	244
0,96	1027	1,29	564	1,65	341	1,95	241
0,97	1005	1,30	555	1,66	337	1,96	239
0,98	985	1,31	547	1,67	333	1,97	236
0,99	965	1,35	514	1,68	329	1,98	234
1,00	945	1,36	507	1,69	325	1,99	231
1,01	926	1,37	499	1,70	321	2,00	229
1,02	908	1,38	492	1,71	317	2,01	226
1,03	890	1,39	485	1,72	313	2,02	224
1,04	873	1,40	477	1,73	309	2,03	222
1,08	809	1,41	471	1,74	306	2,04	219
1,09	794	1,42	464	1,75	302	2,05	217
1,10	780	1,43	457	1,76	298	2,06	215
1,11	765	1,44	451	1,77	295	2,07	213
1,12	752	1,45	444	1,78	292	2,08	211
1,13	738	1,46	438	1,79	288	2,09	209
1,14	725	1,47	432	1,80	285	2,10	207
1,15	712	1,48	426	1,81	282	1,32	538
1,16	700	1,49	420	1,82	278	1,33	530
1,17	688	1,50	415	1,83	275	1,34	522
1,18	676	1,51	409	1,84	272	2,23	182
1,19	665	1,52	404	1,85	269	2,24	180
1,20	653	1,53	398	1,05	856	2,25	179
1,21	643	1,54	393	1,06	840	2,26	177
1,22	632	1,55	388	1,07	824	2,27	175
1,23	621	1,56	383	1,89	257	2,28	174
1,24	611	1,57	378	1,90	255	2,29	172
1,25	601	1,58	373	1,91	252	2,30	170

ДИАМ. отпечатка в мм	№	ДИАМ. отпечатка в мм	№	ДИАМ. отпечатка в мм	№	ДИАМ. отпечатка в мм	№
2,31	169	2,70	121	3,09	82,3	2,33	139
2,32	167	2,71	120	3,10	82,7	2,54	136
2,33	166	2,72	119	3,11	83,0	2,55	137
2,34	164	2,73	118	3,12	82,4	2,56	135
2,35	163	2,74	117	2,11	204	3,31	76,2
2,36	161	2,75	116	2,12	202	3,32	75,7
2,37	160	2,76	115	2,13	200	3,33	75,2
2,38	158	2,77	114	2,14	198	3,34	74,7
2,39	157	2,78	113	2,15	197	3,35	74,1
2,40	156	1,86	866	2,16	195	3,36	73,6
2,41	154	1,87	263	2,17	193	2,79	112
2,42	153	1,88	260	2,18	191	2,80	111
2,43	152	2,91	102	2,19	189	2,81	110
2,44	150	2,92	101	2,20	187	2,82	110
1,59	368	2,93	101	2,21	185	2,83	109
1,60	363	2,94	99,9	2,22	184	2,84	108
1,61	358	2,95	99,2	3,25	72,6	2,85	107
2,57	134	2,96	98,4	3,26	72,0	2,86	106
2,58	133	2,97	97,7	3,27	72,4	2,87	105
2,59	132	2,98	96,9	3,28	71,9	2,88	105
2,60	131	2,99	96,2	3,29	71,3	2,89	104
2,61	130	3,00	95,5	3,30	71,8	2,90	103
2,62	129	3,01	94,8	2,45	149	3,37	73,1
2,63	128	3,02	94,1	2,46	148	3,38	72,6
2,64	127	3,03	93,4	2,47	146	3,39	72,1
2,65	126	3,04	92,7	2,48	145	3,40	71,6
2,66	125	3,05	92,0	2,49	144	3,41	71,1
2,67	124	3,06	91,3	2,50	143	3,42	70,6
2,68	123	3,07	90,6	2,51	141	3,13	86,7
2,69	122	3,08	90,0	2,52	140	3,14	86,1

Продолжение таблицы 3

Диам. отпечатка 8 мм.	Нв	Диам. отпечатка 8 мм	Нв	Диам. отпечатка 8 мм	Нв	Диам. отпечатка 8 мм	Нв
3,15	85,5	3,19	83,1	3,23	80,7	3,45	69,2
3,16	84,9	3,20	82,5	3,24	80,1	3,46	68,7
3,17	84,3	3,21	81,9	3,43	70,1	3,47	68,2
3,18	83,7	3,22	81,3	3,44	69,6	3,48	67,3
						3,49	67,3
						3,50	66,8

ПРАВИЛА ИСПЫТАНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО БРИНЕЛЮ

1. Испытание твердости надо производить на гладкой плоской поверхности, для чего ее зачищают напильником или наждачным кругом с зерном 46-60. Нагрузку следует прилагать перпендикулярно к плоскости образца.

2. Расстояние центра отпечатка от края образца или от другого отпечатка должно быть не менее 2,5 диаметров отпечатка, иначе получится соответственно заниженная или завышенная твердость.

3. Диаметр отпечатка при контрольных и массовых испытаниях надо измерять с точностью от 0,005 мм, а при более точных испытаниях - до 0,01 мм.

В последнем случае применяют металлографический микроскоп с увеличением в 100-120 раз или измерительный инструментальный микроскоп.

4. Для получения надежных результатов испытания, рекомендуется придерживаться отношения диаметра отпечатка d к диаметру шарика D в пределах

0,2 до 0,6 :

$$\frac{d}{D} = 0,2 \div 0,6$$

При меньшем отношении границы отпечатка будут недостаточно резкими; при большем отношении $\frac{d}{D}$ измерение твердости будет ненадежным, так как большое изменение твердости дает небольшое изменение диаметра отпечатка.

5. На приборе Бринеля можно вести испытания материалов, твердость которых не превышает /при испытании стальным шариком/ $H_b 450$, так как стальной шарик, имеющий твердость не менее $H_b = 630$, может получить остаточную деформацию и результаты испытания получатся неправильными. Однако на практике иногда применяют метод Бринеля для испытания более твердых металлов до $H_b = 550$.

6. Шарик должен быть изготовлен с точностью $\pm 0,01 \text{ мм}$ а для более точных испытаний $\pm 0,0025 \text{ мм}$. Шарик, имеющий вмятины, необходимо заменить.

7. Условия испытания принято обозначать следующим образом:

$$D / P / T$$

где D - диаметр шарика, P - нагрузка, T - время. Так, например, $H_b = 10/3000/30 = 400$ обозначает, что испытание произведено шариком диаметром в 10 мм, под нагрузкой 3000 кг, при выдержке в 30 секунд.

8. После окончания работы прибор надо обязательно накрыть чехлом.

9. При испытании следует учитывать зависимость между твердостью стали и ее временным сопротивлением разрыву σ_b :

$$\sigma_b \approx 0,34 H_b \text{ при } H_b > 125$$

$$\sigma_b \approx 0,36 H_b \text{ при } H_b > 175$$

Зак. 318-850

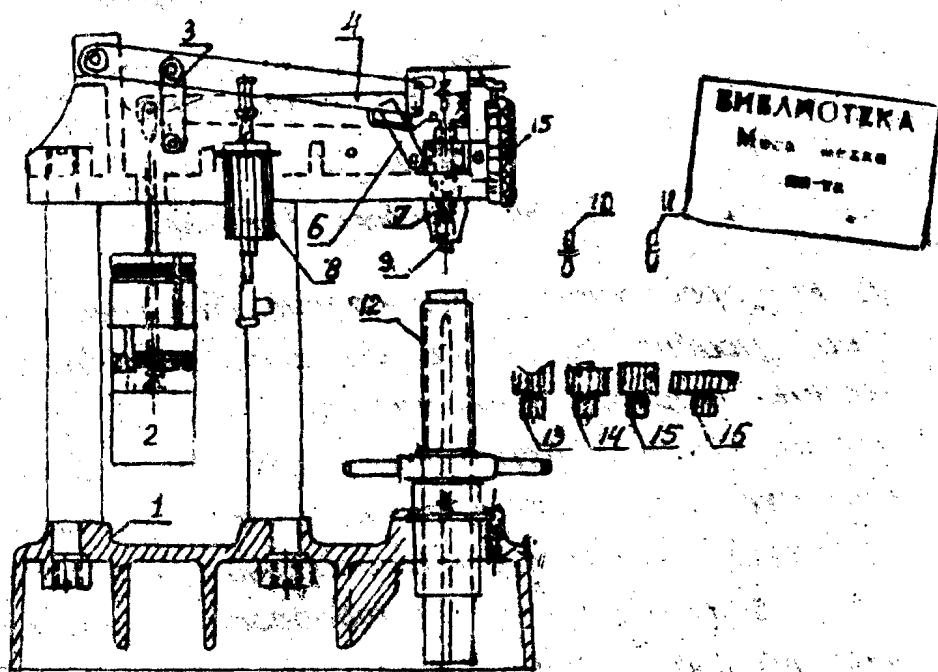
МЕТОД РОКВЕЛЛА

Определение твердости металлов по Роквеллу было предложено в 1920 году в США и заключается в определении разности глубины проникновения в металл специального наконечника (алмазного конуса) или стального шарика под действием предварительной и окончательной нагрузок. Число твердости по Роквеллу является величиной, обратной глубине проникновения наконечника в металл.

Конструкция прибора позволяет получить число твердости непосредственно на циферблате индикатора.

УСТРОЙСТВО ПРИБОРА

На фиг. 3 изображен прибор Роквелла. Он состоит из станины 1, подъемного винта 12, на котором устанав-
навливаются столы 13, 14, 15, 16 для испытуемых предметов,

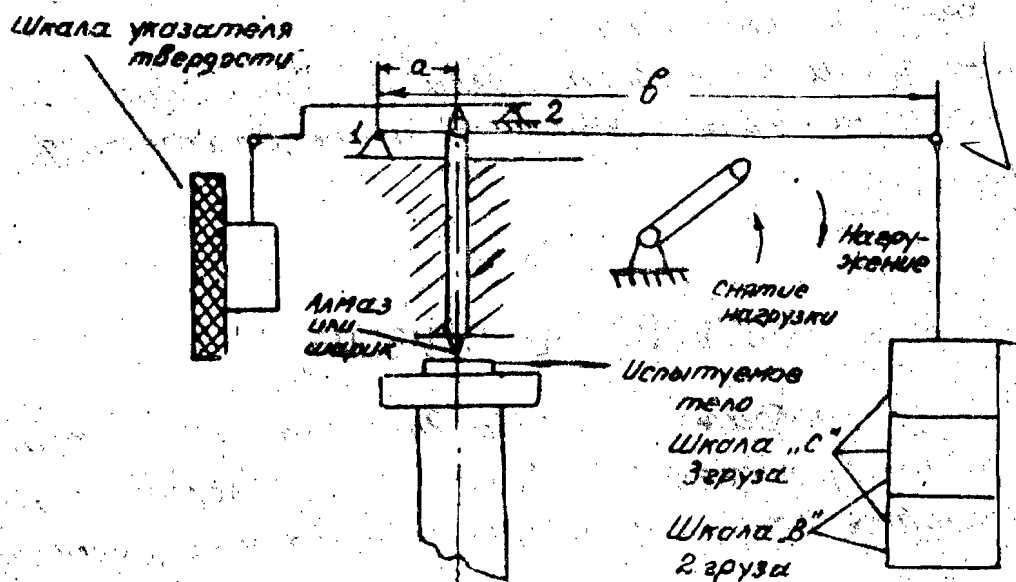


Фиг. 3

Прибор Роквелла

шпинделя 9, в котором закрепляются наконечники 10 и 11; спиральной пружины 7, создающей предварительную нагрузку на образец, равную 10 кг ручки 6, рычага 4 и подвески 3, служащих для приложения окончательной [основной] нагрузки 2; амортизатора 8, служащего для постепенного наложения нагрузки; индикатора 5, показывающего твердость металла.

На фиг. 4 показана схема прибора Роквелла,



При $P = 100$ кг шкала "В" - шарик
 $P = 150$ кг шкала "С" - алмаз

Фиг. 4

Схема прибора Роквелла

из которой видно взаимодействие ее отдельных частей. Прибор Роквелла установлен так, что перемещение стрелки индикатора на одно деление соответствует вертикальному перемещению наконечника на 0,002 мм, т.е. на 2 микрона.

Метод Роквелла значительно удобнее метода Бринеля для определения твердости закаленных сталей, так как алмазный конус при испытании не деформируется, как это имеет место при способе Бринеля.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ ТВЕРДОСТИ НА ПРИБОРЕ РОКВЕЛЛА

1. Установить на приборе грузы, опорный стол и наконечник в соответствии с родом подлежащих испытанию изделий или образцов.

2. Положить изделие или образец на опорный стол, проверив, плотно ли оно прилегает к столу.

3. Плавным вращением маховичка довести испытываемую поверхность до соприкосновения с наконечником. Продолжать вращением маховичка подъем стола до тех пор, пока малая стрелка индикатора не встанет против красной точки, а большая стрелка не встанет в вертикальное положение (с допуском ± 5 делений).

При переводе стрелки на большее число делений испытание следует прекратить, опустить стол с образцом и начать испытание снова на другом месте образца.

4. Вращением ручки индикатора подвести к большей стрелке нуль черной наружной шкалы.

5. Легким толчком руки отодвинуть рукоятку и предоставить рычагу медленно опускаться, не задерживая и не ускоряя движение рукоятки.

6. Убедившись, что движение стрелки индикатора прекратилось, легким и плавным движением руки вернуть рукоятку в исходное положение. При этом снимается основная нагрузка, чем исключаются из показания твердости упругие свойства испытываемого металла и прибора.

7. Снять и записать показание индикатора (по черной, наружной шкале при применении алмазного наконечника и по красной внутренней шкале при применении шарика), перевести, если это требуется,

твёрдость по Роквеллу на твёрдость по Бринеллю (табл. 4 и 5).

8. Обратным вращением маховичка опустить стол и снять с него образец. Прибор готов для следующего испытания.

ПРАВИЛА ИСПЫТАНИЯ ТВЕРДОСТИ ПО РОКВЕЛЛУ

1. Поверхность, подвергаемая испытанию, не должна иметь неровностей, видимых глазом. Чем ровнее поверхность, тем точнее получаются результаты. Поверхность, соприкасающаяся со столиком, также должна быть очищена.

2. Толщина образца должна быть такой, чтобы нижняя поверхность образца после испытания не показывала никаких следов вдавливания. Тонкие образцы испытывают на специальных приборах Роквелла или прибора Виккерса.

3. Наконечник должен быть строго перпендикулярен к испытываемой поверхности.

4. При испытании твердости на криволинейных поверхностях (шаровых, цилиндрических и других) лучше сделать лыску или в крайнем случае указать степень кривизны поверхности. При радиусе кривизны поверхности менее 5 мм испытание производить не разрешается.

5. При испытании твердости алмазным конусом общая нагрузка должна быть $10 + 140 = 150$ кг, а при испытании шариком $10 + 90 = 100$ кг.

6. Твёрдость по Роквеллу обозначается:

Р_С — при испытании алмазом,

Р_В — при испытании шариком.

7. Алмазным конусом можно испытывать металлы с твердостью R_c от 20 до 70, стальным шариком — с твердостью R_B в пределах от 25 до 100-110.

8. При испытании отпечатки должны находиться на расстоянии не менее тройного диаметра от отпечатка.

9. Метод Роквелла не применяется в следующих случаях:

а/ при испытании твердости сплавов с неоднородной структурой,

б/ для изделий, имеющих раковины,

в/ для изделий, которые при испытании пружинят, как, например, тонкостенные трубы и др.,

г/ при испытании цементованного слоя, имеющего твердый слой на глубине, менее 0,7 мм.

10. В месте установки прибора должны отсутствовать вибрации.

11. Периодически прибор надо проверять с помощью контрольного эталона, причем проверка твердости на эталонном образце производится только на одной стороне его.

12. При смене столиков и в других случаях не допускать ударов по алмазному конусу.

13. После окончания работы прибор надо накрыть чехлом.

Для испытания твердости очень твердых образцов и тонких слоев цементации, азотизации и пр. применяют прецизионный прибор Роквелла с нагрузкой 15, 30 и 45 кг и с предварительной нагрузкой в 3 кг.

Таблица 4

Перевод твердости по Роквеллу, шкала В, на твердость по Бринеллю

Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю
0	57				
1	57	28	71	55	100
2	57	29	71	56	101
3	58	В 30	73	57	103
4	58	31	73	58	104
5	58	32	74	59	106
6	58	33	74	В 60	107
7	59	34	75	61	108
8	59	35	75	62	110
9	60	36	76	63	112
В 10	60	37	77	64	114
11	61	38	78	65	116
12	61	39	79	66	117
13	62	В 40	80	67	119
14	62	41	81	68	121
15	62	42	82	69	123
16	63	43	83	В 70	125
17	63	44	85	71	127
18	64	45	86	72	130
19	64	46	87	73	132
В 20	65	47	88	74	135
21	65	48	90	75	137
22	66	49	92	76	139
23	66	В 50	93	77	141
24	67	51	95	78	144
25	68	52	96	79	147
26	69	53	97	В 80	150
27	70	54	98	81	153

Таблица 4

Перевод твердости по Роквеллу, шкала В, на твердость по Бринеллю

Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю
В 0	57				
1	57	28	71	55	100
2	57	29	71	56	101
3	58	В 30	73	57	103
4	58	31	73	58	104
5	58	32	74	59	106
6	58	33	74	В 60	107
7	59	34	75	61	108
8	59	35	75	62	110
9	60	36	76	63	112
В 10	60	37	77	64	114
11	61	38	78	65	116
12	61	39	79	66	117
13	62	В 40	80	67	119
14	62	41	81	68	121
15	62	42	82	69	123
16	63	43	83	В 70	125
17	63	44	85	71	127
18	64	45	86	72	130
19	64	46	87	73	132
В 20	65	47	88	74	135
21	65	48	90	75	137
22	66	49	92	76	139
23	66	В 50	93	77	141
24	67	51	95	78	144
25	68	52	96	79	147
26	69	53	97	В 80	150
27	70	54	98	81	153

Продолжение таблицы 4

Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу, шкала В	Твердость по Бринеллю
82	156	88	176	94	205
83	159	89	179	95	210
84	162	В 90	185	96	216
85	165	91	190	97	222
86	169	92	195	98	228
87	172	93	200	99	235
				В 100	242

Таблица 5

Перевод твердости по Роквеллу,
шкала С, на твердость по Бринеллю

Твердость по Роквеллу, шкала С	Твердость по Бринеллю	Твердость по Роквеллу, шкала С	Твердость по Бринеллю
С 20	230	33	305
21	235	34	313
22	240	35	322
23	245	36	333
24	248	37	342
25	255	38	352
26	260	39	362
27	265	40	372
28	272	С 41	382
29	276	42	392
С 30	283	43	404
31	290	44	415
32	296	45	426

Окончание таблицы 5

Твердость по Роквеллу, шкала С	Твердость по Бринелю	Твердость по Роквеллу, шкала С	Твердость по Бринелю
46	437	56	560
47	448	57	573
48	460	58	587
49	472	59	600
С 50	484	С 60	614
51	496	61	628
52	509	62	645
53	522	63	658
54	534	64	673
55	547	С 65	690

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДА РОКВЕЛЛА И БРИНЕЛЯ

1. Методом Роквелла можно испытывать твердость мягких и твердых металлов, методом Бринеля - мягких металлов и металлов средней твердости.
2. Испытание методом Роквелла проводится значительно быстрее и проще, чем методом Бринеля.
3. Отпечатки, получаемые на приборе Роквелла, значительно меньше размером, чем на аппарате Бринеля, что важно для выпускаемой заводом продукции.
4. Методом Роквелла нельзя испытывать металл с неоднородной структурой.
5. Образец при испытании методом Роквелла должен иметь более ровную поверхность.
6. Обычно методом Роквелла приходится производить

несколько испытаний для характеристики твердости образца.

ПРОЧИЕ МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ

1. Метод Викерса: твердость определяется по ширине отпечатка алмазной пирамиды, которая внедряется в металл обычно под нагрузкой от 10 до 120 кг, а для малых глубин внедрения — 1-5 кг.

2. Метод Шора: твердость определяется высотой отскокивания стального бойка с алмазным наконечником, падающего с определенной высоты на испытуемый образец.

3. Метод Мартенса: твердость определяется шириной царапины произведенной алмазным конусом под нагрузкой от 2 до 50 кг.

4. Метод Герберта: твердость определяется временем, в течение которого маятник сделает десять односторонних качаний.

5. Прибор Полюди-Хютте: твердость определяется замерением отпечатков на образце и эталоне и соответствующем пересчете по таблице. Отпечатки производятся шариком, находящимся между эталоном и испытуемым образцом.

Этот прибор относится к ударным /отпечаток производят путем удара молотком /прибором для определения твердости и применяется в случаях, когда требуется измерить твердость массивных изделий, которые, вследствие большого веса или объема, нельзя испытать на обычном приборе Бринеля.

ДРУГИЕ МЕТОДЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

- 1 Испытание на растяжение.
- 2 Испытание на сжатие, изгиб, кручение и срез.
- 3 Испытание на ударную вязкость
- 4 Испытание на усталость.
- 5 Испытание на ползучесть.

II. ТЕРМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Термический метод исследования заключается в наблюдении за изменением температуры в течение времени нагрева или охлаждения металла или сплава с построением и анализом кривых нагрева или охлаждения металла или сплава. На этих кривых отмечаются термические эффекты, сопровождающие изменение состояния или кристаллического строения вещества и указывающие тем самым на наличие превращений.

Температуры, при которых начинаются или заканчиваются какие-либо физические или химические изменения в теле при нагревании или охлаждении его, носят название критических, а соответствующие им точки на кривой называют критическими точками.

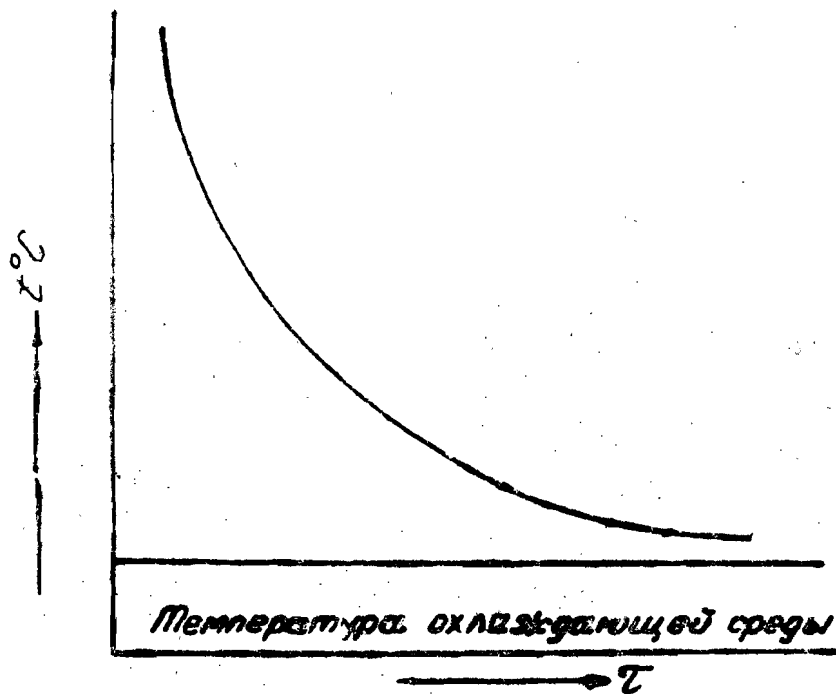
Определение, при помощи кривых охлаждения или нагревания, температур превращений различного рода /критических точек/ в металлах или сплавах и составляет сущность термического метода исследования.

Задачами термического анализа являются: 1) построение и исследование кривых нагрева и охлаждения тела, 2) построение диаграмм состояния (плавкости) сплавов.

КРИВЫЕ НАГРЕВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ СПЛАВОВ

При нагреве или охлаждении возможны два случая: 1) в данном интервале температур сплав не имеет превращений или 2) сплав претерпевает превращения, обнаруживая критические точки.

На фиг. 5 изображена кривая охлаждения в координатах — температура-время для случая, когда превращений при охлаждении не имеется, а на фиг. 6 — кривая охлаждения с превращением.



Фиг. 5
Кривая охлаждения тела,
не испытывающего превращений

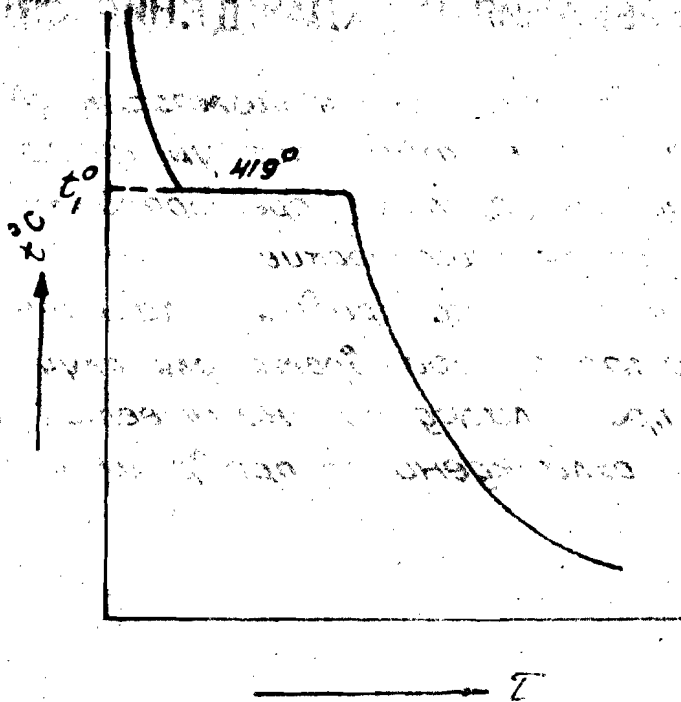
К числу таких превращений относятся:

1. Переход из жидкого состояния в твердое

чистого металла или сплава.

2. Переход из одной аллотропической формы в другую и др.

На основании кривых охлаждения или нагрева можно построить диаграмму состояния.



Фиг. 6

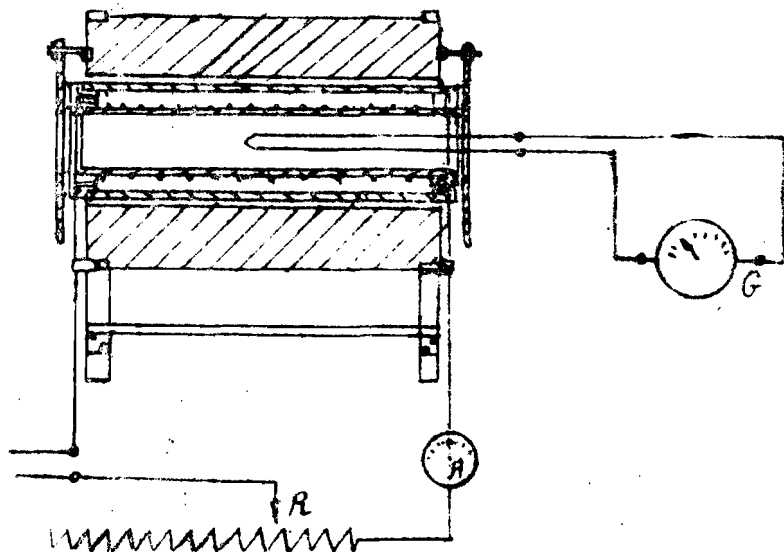
Кривая охлаждения чистого цинка

Термический анализ требует наличия печей для расплавления металлов и пирометров для измерения температуры.

ПЕЧИ

В лабораторной практике по металлосведению применяются обычно электрические печи сопротивления. В зависимости от формы рабочего пространства они делятся на: 1) трубчатые, 2) шахтные или тигельные и 3) муфельные.

Все эти печи устроены по одному общему принципу. Трубка, муфель или тигель изготавливаются из огнеупорного материала — фарфора или шамота, с наружной стороны наматывается сопротивление, состоящее из платиновой или нихромовой проволоки или ленты; затем идет слой тепловой изоляции и, наконец, все это помещается в железный кожух.



Фиг. 7

Схема устройства трубчатой печи

Устройство трубчатой печи показано схематически на фиг. 7.

Существуют печи в которых сопротивление находится внутри рабочего пространства.

ПИРОМЕТРЫ

Основой термического анализа являются измерение и запись температуры.

Прибор, служащий для измерения низких температур до 400°C , называется термометром, а для измерения высоких — пирометром. Наиболее широко применяются

В технике пирометры двух видов: 1) термоэлектрические и 2) оптические.

Термоэлектрический пирометр состоит из двух основных частей: термопары и гальванометра /милливольтметра/.

Термопары устроены на следующем принципе, установленном в 1823 г. Зеебеком: при соединении концов двух проволок из различных металлов и нагрева их до разных температур в цепи появится электрический ток. В 1887 г. Французский ученый Ле-Шанпелье, используя этот эффект, применил такую электрическую цепь для измерения температуры. Так появилась в технике термопара /термоэлектрический пирометр/.

Термопары должны обладать: 1) жароупорностью, 2) постоянством термоэлектрических свойств и способностью давать высокую термоэлектродвижущую силу.

Термопары изготавливаются большей частью из следующих металлов и сплавов:

1) платина - платинородий /сплав платины с 10% родия/ - до 1200°

2) хромель - алюмель - до 1100°

3) железо - константан - до 600° .

Химический состав термопар таков:

Платинородий

90% платины

10% родия

Хромель: никель - 89,9%

хрома - 9,8%

железа - 1,0%

марганца - 0,2%

Алюмель: никеля - 94,0%

алюминия - 2,0%

кремния - 1,0%

железа - 0,5%

марганца - 2,5%

Константан: медь - 59%

никель - 40%

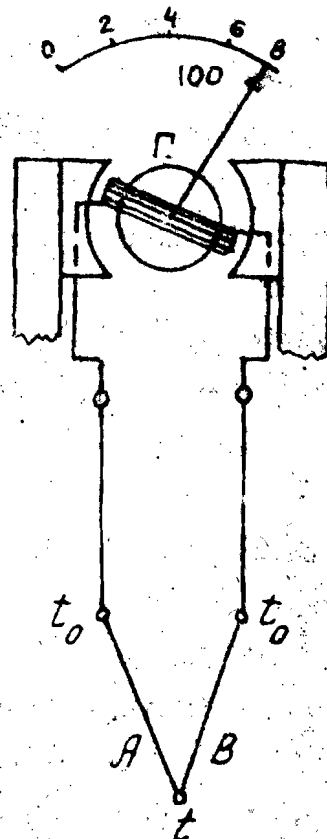
марганец - 1%

Схема устройства термоэлектрического пирометра показана на фиг. 8, где А и В - электроды термопары, t - горячий спай.

Горячий спай представляет собой место сварки проволок термопары; в горячем спайе возникает ток при помещении его в нагретую среду.

Холодным спаем t_0 называется место соединения термопары с медными проволоками пирометра.

Гальванометр Г показывает разность напряжения тока между горячим и холодным спаем.



Фиг. 8

Схема термоэлектрического пирометра.

ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПИРОМЕТРОМ

Каждый пирометр должен иметь градуировку или поправку на действительную температуру.

В начале работы с помощью специального винта установить стрелку гальванометра на температуру

при которой производилась градуировка.

3. Проверить правильность присоединения термопары к гальванометру. Если при подогреве горячего спая стрелка движется вправо, - термопара присоединена правильно; если влево, - неправильно. В последнем случае положительный провод был присоединен к отрицательному зажиму и наоборот. Подключение проводов термопары в этом случае следует переменить.

4. Термопара должна быть заключена в защитную трубку.

5. Электроды термопары должны быть изолированы друг от друга, так как замыкание электродов термопары дает занижение в показаниях пирометра.

6. Следить за тем, чтобы холодный спай термопары во время работы имел температуру градуировки пирометра, которая обычно равна 0° или 20°C .

7. При работе с пирометром возможны разные неполадки, как, например, резкие перемещения стрелки влево и вправо при постоянной температуре печи, застревание стрелки, отсутствие показаний и др. Все эти случаи вызываются неисправностью и загрязненностью гальванометра или неисправностью термопары.

При обнаружении таких явлений следует обращаться к лаборанту.

8. Переносить гальванометры с места на место можно только после закрепления стрелки специальным винтом. Делать это надо весьма осторожно.

Помимо описанного выше пирометра, существуют термометры электрического сопротивления, устройство которых основано на изменении

электрического сопротивления металла в зависимости от температуры, а также dilatометрические пирометры, жидкостные, газовые и с твердым термометрическим телом, устройство которых основано на изменении объема тел при нагреве и охлаждении. К числу dilatометрических пирометров, (термометров) относятся общеизвестные ртутные и спиртовые термометры.

ОПТИЧЕСКИЕ ПИРОМЕТРЫ

Применение термоэлектрического пирометра и других контактных пирометров в ряде случаев затруднительно или вообще невозможно, так как все эти приборы требуют контакта со средой, температура которой измеряется.

Например, для замера температуры струи жидкой стали или чугуна затруднительно применить контактные пирометры; в этом случае употребляют оптические пирометры, которыми можно измерить температуру на некотором расстоянии от измеряемой среды.

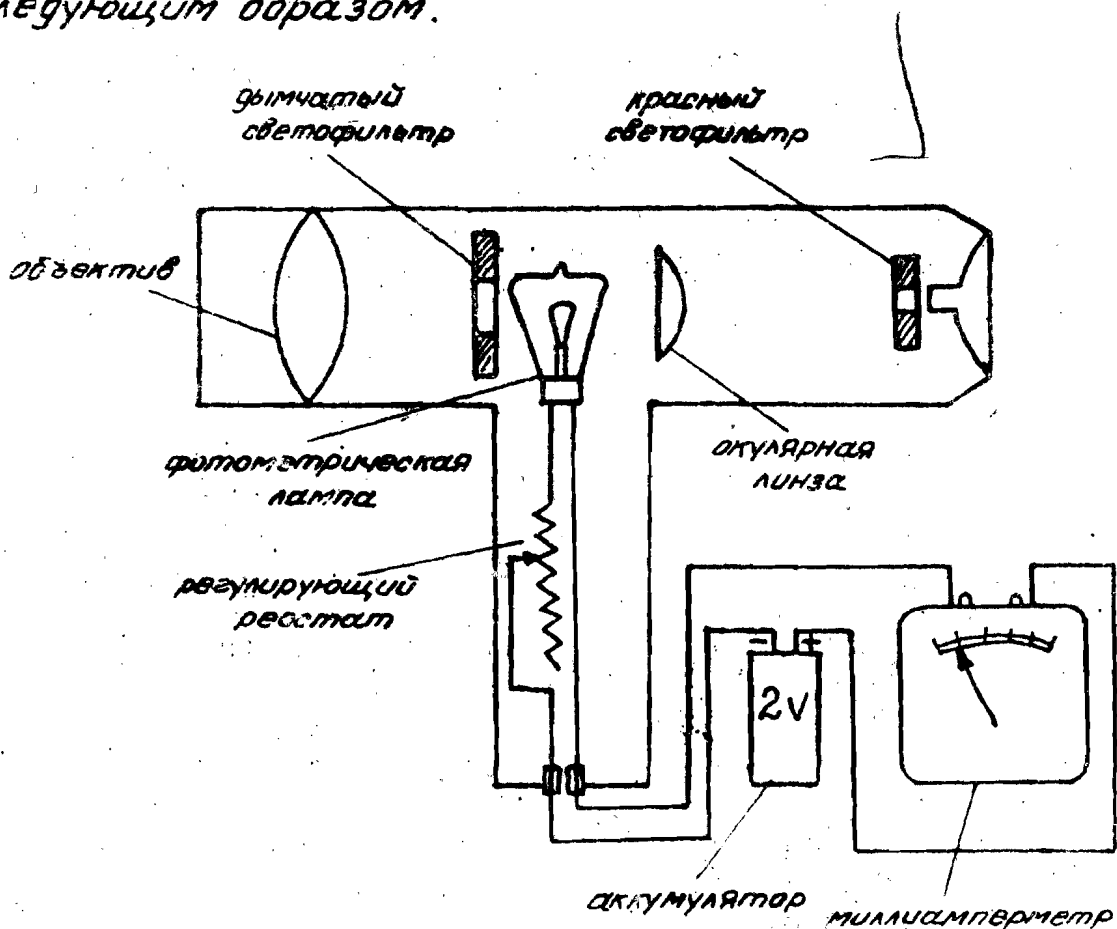
Оптические пирометры подразделяются на собственно оптические /фотометрические/ и радиационные. Первые имеют более широкое применение в промышленности, чем вторые.

Оптические /фотометрические/ пирометры (с исчезающей нитью лампочки накаливания) строятся по двум принципам.

Первый принцип основан на изменении яркости стандартного источника света /нить лампочки/ до уравнивания его с яркостью света, идущего от нагреваемого тела. По такому принципу устроен

пирометр Гольборна и Курльбаума (фиг. 9).

Работа с этим пирометром производится следующим образом.



Фиг. 9

Упрощенная схема оптического пирометра Гольборна Курльбаума

Оптическая трубка направляется на измеряемый объект. Нить лампочки и объект устанавливают на фокус. С помощью резистора накал нити доводится до цвета, совпадающего с цветом объекта. По миллиамперметру определяют температуру измеряемого объекта.

Второй принцип основан на измерении тепловой энергии, излучаемой нагретым телом (радиационные пирометры).

ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ ПИРОМЕТРОМ ГОЛЬБОРНА И КУРЛЬБАУМА

1. Расстояние прибора от измеряемого объекта можно брать в пределах от 0,5 до 5 м, показания приборов от этого не изменяется.

2. Данным пирометром можно замерять температуры в пределах 700-2400°, в пределах 1200-2000° и в особых случаях до 4000°. В каждом таком случае включают фильтры разной плотности.

3. В цепи пирометра имеется аккумулятор с напряжением в 2 в. Подключение аккумулятора с большим напряжением вызывает перегорание нити.

4. Если при включении в цепь аккумулятора стрелка, при перемещении реостата, отклоняется влево, то следует переменить включение проводов, идущих от аккумулятора.

5. Во избежании перегорания нити фотометрической лампы нельзя держать ее долго под током и после окончания работы надо немедленно отключить аккумулятор.

РАДИАЦИОННЫЕ ПИРОМЕТРЫ

В радиационных пирометрах измеряемая энергия фокусируется с помощью специальной линзы на спай термопары, соединенной с гальванометром, который и показывает температуру объекта.

Этим пирометром можно замерять температуру, начиная с 400°С.

III МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ

Свойства металлов и сплавов зависят от их химического состава и внутреннего строения.

Далеко не достаточно знать химический состав сплава, так как химический анализ не отвечает на такие весьма важные вопросы как величина и форма зерна, расположение зерен в сплаве и др.

Так, например, сталь, применяемая для трансформаторов [трансформаторная сталь], должна иметь не только определенный химический состав но и определенное строение или структуру. Трансформаторная сталь должна иметь в своем составе 4% кремния, что можно установить с помощью химического анализа, и недеформированные, равноосные и крупные зерна - это можно установить только исследованием структуры.

В практике работы со сплавами очень часто приходится прибегать к помощи структурного анализа.

Изучение структуры металлов и сплавов можно разделить на три вида:

1. Исследование макроструктуры.
2. Исследование микроструктуры.
3. Исследование внутреннего строения кристалла.

1. МАКРОСТРУКТУРА

Исследование макроструктуры [крупной структуры] производится при небольших увеличениях с помощью

луги или без увеличения.

Задачей макроанализа является исследование:

- 1) кристаллического строения сплава, получившегося в результате затвердевания слитка или изделия;
- 2) деформированных сплавов;
- 3) неоднородности в составе сплава, получившейся в результате ликвации при затвердевании;
- 4) усадки, пористости и других пороков, получившихся как при затвердевании так и при дальнейших обработках сплава.

Во всех этих случаях исследование макроструктуры проводится на изломах или разрезах, причем поверхности, получающиеся после разреза, исследуются после шлифовки и травления соответствующими реактивами.

2. МИКРОСТРУКТУРА

Исследование микроструктуры (мелкой структуры) производится при больших увеличениях с помощью микроскопов.

Задачей микроанализа является исследование:

- 1) фазового, структурного, а в отдельных случаях, и химического состава сплава;
- 2) величины, формы и ориентации составляющих сплав зерен (кристаллитов);
- 3) однородности распределения составляющих сплав зерен;
- 4) наличия или отсутствия неметаллических включений.

По совокупности исследований решаются вопросы о механической и термической обработках, о пригодности

сплав для того или иного назначения, о причинах плохого качества сплава и т.д.

Для исследования микроструктуры необходимо произвести специальную подготовку изучаемого сплава, которая заключается в изготовлении шлифа и травлении его.

Изготовление микрошлифа

Микрошлиф, поскольку он предназначается для исследования под микроскопом, должен иметь небольшие размеры. Для этого от исследуемой детали необходимо отрезать или отколоть кусок, объемом в 1-2 см³.

Место взятия пробы для шлифа является весьма ответственной задачей всего процесса исследования, так как до известной степени предопределяет те выводы, которые можно будет сделать при последующем изучении микроструктуры. Обычно — это место, которое является или наиболее характерным для изделия, или же может представить в данном случае особый интерес.

Часто невозможно ограничиться вырезкой одного образца. В таких случаях вырезают несколько, причем они могут различаться либо местом их расположения в изделии, либо направлением / продольные и поперечные шлифы /.

После вырезки образца приступают к изготовлению микрошлифа в следующем порядке.

1. Напильником или наждачным кругом выравнивают поверхность, предназначенную для исследования, так, чтобы получилась правильная плоскость.

2. Поверхность шлифуют вручную на наждачной

бумаге, положенной на стекло, или на шлифовальных станках. Шлифовку производят сначала на бумаге с грубым зерном, а затем на бумаге со все более мелким зерном. Переход с одного номера бумаги на другой определяется временем исчезновения царапин нанесенных зернами предыдущей бумаги.

При переходе с одного номера бумаги на другой, образец поворачивают на 90° , так чтобы царапины от вновь взятой бумаги располагались перпендикулярно имеющимся.

После шлифовки на наждачной бумаге переходят к шлифовке на крокусной бумаге или бархатной карборундовой шкурке. При каждом переходе с одного номера бумаги на другой надо следить за тем, чтобы на образце не оставались зерна от предыдущего номера бумаги.

После шлифовки на 3-4 номерах грубой и 3-4 номерах тонкой бумаги образец обмывают от приставших зерен и приступают к полировке.

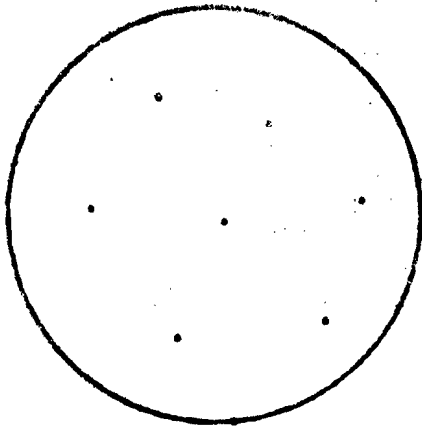
3. Полировка шлифов производится обычно на полировальных станках, имеющих металлический диск, на котором натянута материя (сукно, фланель, бархат). При полировке наносят на сукно взмученный в воде полировальный порошок (окись алюминия, окись железа-крокус, окись хрома или окись магния, которые соответственно имеют цвета: белый, темно или светло коричневый и зеленый).

Увлажнив диск полировальной жидкостью, приводят его во вращение и, легко прижимая к нему образец отшлифованной стороной, производят полировку.

Полировка считается законченной тогда, когда на шлифе не остается никаких царапин от шлифовки и шлиф получает зеркальный блеск. После

полировки, шлиф промывают и сушат. В таком состоянии он готов для исследования в нетравленном виде.

Шлифы в нетравленном виде исследуют при изучении характера залегания, формы и размера неметаллических включений и графита (фиг. 10 и 11).



Фиг. 10

Неметаллические включения
в нетравленном образце
стали.



Фиг. 11

Включения графита в не-
травленном образце се-
рого чугуна.

Для выявления структуры металлической части образца необходимо произвести травление.

4. Травление заключается в том, что поверхность шлифа подвергается воздействию различных химических реактивов. В результате этого воздействия выявляются или границы между отдельными зернами, или же отдельные зерна окрашиваются в различные цвета.

Травление обычными реактивами заключается в следующем. Сначала шлиф тщательно промывают и обезжиривают спиртом или бензином, затем наливают в ванночку реактив и, держа шлиф пальцами или щипцами, погружают его в реактив на некоторое время (обычно несколько секунд) полированной стороной книзу. Шлиф будет считаться протравленным, если

поверхность его из блестящей станет матовой. Потемнение шлифа говорит за передержку его в реактиве.

Окончив травление следует быстро смыть реактив со шлифа струей воды и протереть его частым и многократным прикладыванием к фильтровальной бумаге.

Применение реактивов основано на различном действии их на разные фазы и структурные составляющие. Обычным реактивом для углеродистых и малолегированных сталей и чугуна является 3-5%-ный раствор азотной кислоты в спирте. Подготовленный таким образом шлиф готов для просмотра микроструктуры под микроскопом.

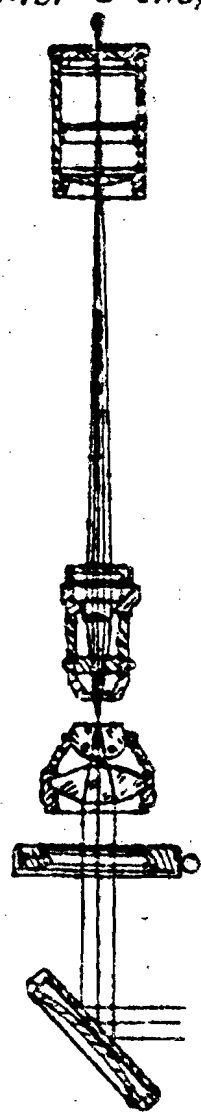
МИКРОСКОПЫ

По назначению микроскопы делят на биологические и металлографические.

На биологических микроскопах изучают строение прозрачных объектов и исследование проводится в проходящем сквозь объект свете. Ход лучей в таком микроскопе показан на фиг. 12.

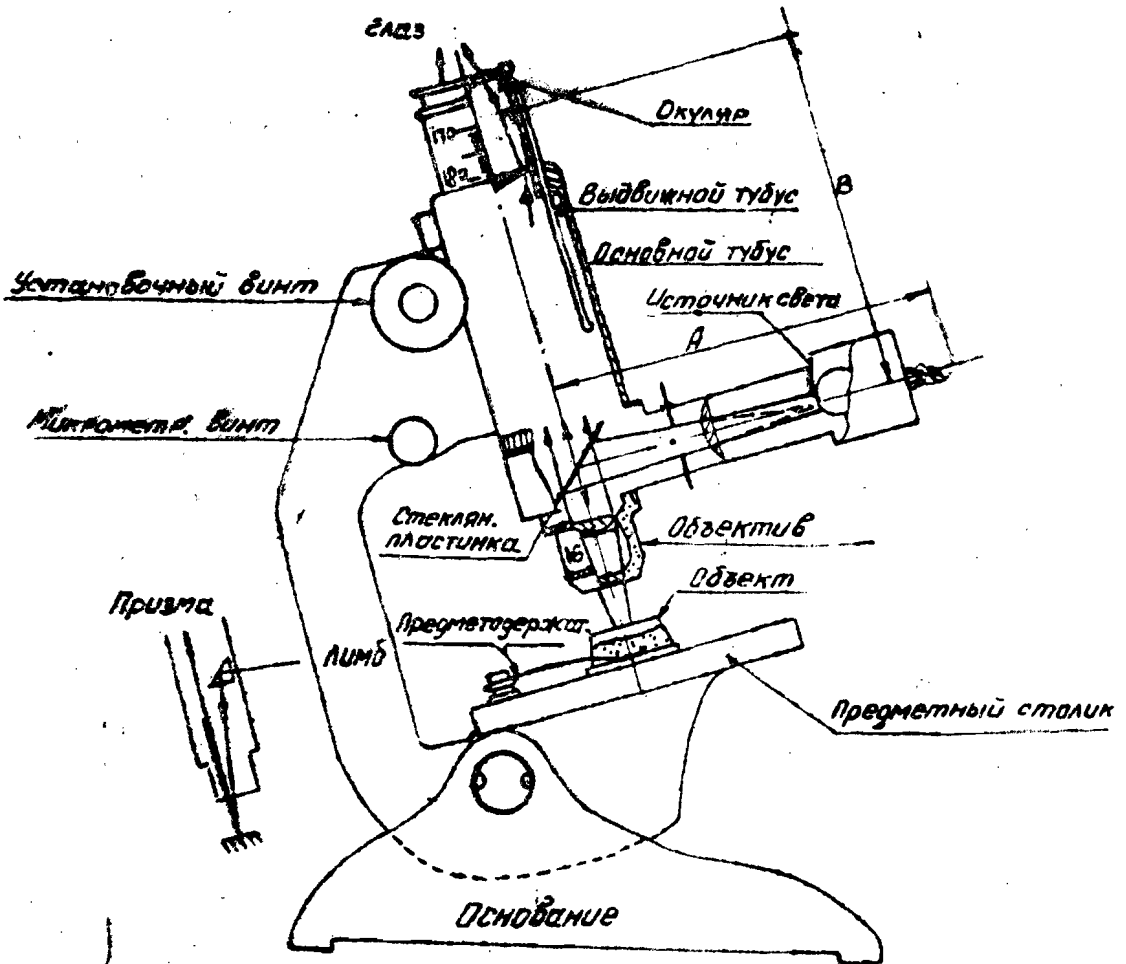
На металлографических микроскопах изучают строение непрозрачных объектов — металлов и сплавов и исследование проводится в отраженном свете.

В зависимости от положения



Фиг. 12
Ход лучей в биологическом микроскопе

тубуса и предметного столика микроскопы разделяются на вертикальные и горизонтальные. Ход лучей и устройство металлографического микроскопа при иллюминаторе с пластинкой и призмой показан на фиг. 13.



Фиг. 13

Устройства и ход лучей в металлографическом вертикальном микроскопе

К недостаткам микроскопов относятся: 1) астигматизм, заключающийся в то, что изображение на плоскости получается неправильным, 2) сферическая aberrация и 3) хроматическая aberrация.

Эти недостатки дают нечеткое изображение структуры и обусловлены неточностью изготовления сферических поверхностей и различным преломлением

лучей разного цвета. Эти недостатки устраняются применением специальной оптики и освещением объекта моноцветным лучем с помощью светофильтров.

Порядок работы с микроскопом

1. Выбрать требуемое увеличение согласно исследуемой структуре по имеющейся у микроскопа таблице или исходя из увеличений объектива и окуляра.

2. Вставить в микроскоп соответствующие объектив и окуляр.

3. Включить свет.

4. Установить на фокус изучаемый образец. Установка производится сначала предварительно с помощью макровинта, а затем окончательно с помощью микровинта.

При работе с микроскопом необходимо иметь в виду следующее:

1. Увеличение микроскопа равно произведению увеличений объектива и окуляра. Увеличение длины тубуса или камеры с матовым стеклом создает дополнительные увеличения микроскопа.

2. Разрешающая способность микроскопа зависит исключительно от увеличения объектива.

Методические указания

1. Перед исследованием микроструктуры рекомендуется просмотреть всю поверхность шлифа невооруженным глазом или под лупой для установления наличия или отсутствия макродефектов, выявленных после травления.

Места, имеющие различные оттенки после травления, имеют и различную структуру /если конечно травление было произведено правильно/. Эти места необходимо тщательно исследовать.

2. Первоначальное ознакомление со строением материала должно проходить при сравнительно малых увеличениях микроскопа /50-150 раз/. После того как составлено представление о средней структуре, о количестве и месте расположения пороков, можно переходить к большим увеличениям и рассматривать детали составляющих структуры.

При обычном металлографическом исследовании увеличение не превосходит 1000-кратного. В отдельных случаях, применяя масляную иммерсию /промежуточную, более плотную среду между объективом и образцом/, можно производить исследования при увеличениях до 2500-кратного. Электронный микроскоп позволяет получать увеличения в 100000 раз и видеть при этом молекулы.

3. Во избежание нанесения царапин на исследуемую поверхность не рекомендуется передвигать образец по столику на горизонтальных микроскопах.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ

Большинство твердых тел, все металлы и их сплавы имеют кристаллическое строение. Атомы металлов в твердом состоянии, образуют так называемую кристаллическую решетку. Расположение атомов и расстояние между ними можно определить с помощью рентгеновских лучей, так как численное значение длины волны рентгеновских лучей имеет тот же

порядок, что и расстояние между атомами, а значит, и между атомными плоскостями кристаллического вещества. Рентгеновские лучи поэтому могут проникать внутрь вещества и отражаться от атомных плоскостей.

Отраженные лучи фиксируются на фотопластинке, по которой затем путем сложных расчетов устанавливают атомное строение вещества. Помимо исследования атомного строения, рентгеновскими лучами просвечивают металлы и сплавы для установления пороков в изделии (поры, раковины, крупные включения и др.) без его разрушения.

ДРУГИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

1. Технический анализ сплавов, задачей которого является определение состава сплава.

2. Физические методы исследования:

а/ Дилатометрический, основанный на изменении объема сплава при изменении структуры во время нагрева и охлаждения.

б/ Метод электропроводности;

в/ Термoeлектрический метод;

г/ Магнитный метод и др.,

основанные на изменении указанных свойств при изменении структуры во время нагрева и охлаждения.

3. Технологические испытания, к которым относятся испытания на загиб, закручивание, кузнечные пробы на раздачу, определение сорта стали по искре и др.

4. Коррозионные испытания.

Коррозионные испытания металлов и сплавов

проводятся путем погружения их в различные среды или при длительном пребывании на воздухе для установления характера образования продуктов коррозии, глубины распространения коррозии, уменьшения в весе и пр.

Литература: 1. И. А. Дзюна - Современные методы испытания металлов.

2. Вульф и др. под редакцией Н. В. Губелинга - Лаборатория металлобедения.

3. Болховитинов - Металловедение и термическая обработка сталей. Москва.

4. Шапошников и др. Руководство к лабораторным работам по испытанию металлов.

5. Вульф и др.

ИНСТРУКЦИЯ К РАБОТЕ №1*

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

I. ЗАДАНИЕ

1. Определение твердости

- а/ Определить твердость на приборе Бринеля
- б/ Определить твердость на приборе Роквелла (шариком и алмазом.
- в/ Перевести твердость по Роквеллу на твердость по Бринелю.

2. Измерение температуры

- а/ Измерить температуру печи термоэлектрическим пирометром;
- б/ То же - оптическим пирометром.

3. Исследование микроструктуры

- а/ Ознакомиться с процессом изготовления микрошлифа
- б/ Ознакомиться с процессом травления микрошлифа.
- в/ Ознакомиться с устройством микроскопа.

*). Номер работы соответствует учебному плану

II ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

В отчете по работе №1 должно быть представлено следующее:

1. Твердость по Бринелю с указанием диаметра шарика, диаметра отпечатка, нагрузки, схемы механизированного прибора Бринеля.
 2. Твердость по Роквеллу, измерения шариком и алмазом с указанием нагрузок и условных обозначений. Твердость, полученная после перевода с Роквелла на Бринеля; схема прибора Роквелла.
 3. Температура печи, измеренная термоэлектрическим пирометром; схема пирометра; температура печи, измеренная оптическим пирометром; схема оптического пирометра.
 4. Краткое описание способа изготовления и травления микрошлифа; рисунки микроструктуры до и после травления; схема хода лучей в металлографическом микроскопе.
-

ПОДГОТОВИТЬ ОТВЕТЫ НА СЛЕДУЮЩИЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы преимущества и недостатки прибора Бринеля?
2. Каковы преимущества и недостатки прибора Роквелла?
3. Что такое твердость по Бринелю?
4. Какая максимальная твердость может быть измерена прибором Бринеля и почему нельзя измерять более высокую твердость?
5. Как устроен прибор Бринеля?
6. В каких случаях твердость по Роквеллу будет занижена?

7. В каких случаях чельзя замерять твердость прибором Роквелла?

8. Как устроен прибор Роквелла?

9. Как будет влиять нагрев холодного спая на показания температуры?

10. Из каких частей состоит термоэлектрический пирометр?

11. Как устроен термоэлектрический пирометр?

12. Какие применяются термопары?

13. Для чего нужно иметь постоянную температуру холодного спая?

14. Какие температуры можно замерять оптическим (фотометрическим) пирометром?

15. Как устроен оптический пирометр Гольбарн-Куриббаум? В каких случаях применяется термоэлектрический и в каких оптический пирометр?

16. Как производят подготовку микрошлифа?

17. На чем основано травление микрошлифа?

Приведите пример.

18. От чего зависит увеличение микроскопа?

19. Каков ход луча в микроскопе?

Отв. редактор д-р техн. наук проф. Я. Ф. Ланда

Л88082. Подписано к печати 21/II-1947г. Объем 1,8 абт. л.

Формат бумаги 30x20. Заказ № 318. Тираж 250. Бесплатно

Стеклография мнм. Плосерская, 14