

焊接实验指导书

王少刚

南京航空航天大学 901 教研室

1994年10月

实验注意事项

1. 实验前仔细阅读实验指导书和有关课程内容。作好充分准备和设计实验步骤。
2. 穿工作服和较安全的鞋子。
3. 用心听实验指导教师讲课和指导。
4. 按设备操作规程操作。发现问题及时向指导教师报告。
5. 未经指导教师允许不得乱动实验室内其它设备和仪器。
6. 实验过程中要仔细观察，认真做好实验记录。
7. 实验完后，仪器、设备应恢复原状，打扫室内卫生。
8. 按实验要求，及时完成实验报告，交给指导教师。

目 录

一、焊 接 冶 金	1
二、金属材料焊接	1 8
三、弧焊电源	2 4
四、电弧焊	2 8
五、电阻焊	3 1
六、钎 焊	3 4
七、焊接结构	3 9

一、焊接冶金

实验一 焊接热循环的测定

一、实验目的

1. 了解焊接热循环曲线的特征和主要参数;
2. 掌握测定焊接热循环曲线的方法。

二、实验装置及实验材料

1. ZXG-250型硅整流焊机 1台
2. 电容储能焊机 1台
3. 结422(E4303) $\varnothing 4\text{mm}$ 电焊条 若干
4. 镍铬—镍硅热电偶丝 $\varnothing 0.5\text{mm}$ 、氧化铝瓷套管 3对
5. 台式自动平衡记录仪(XWT-464型) 1台
6. 试样 $150 \times 80 \times 25$ 低碳钢板 3块
7. 直流电压表、电流表、温度计、秒表等。

三、实验原理

焊件上某点在焊接热源的作用下, 温度随时间由低到高, 再由高到低的变化过程, 称为焊接热循环。

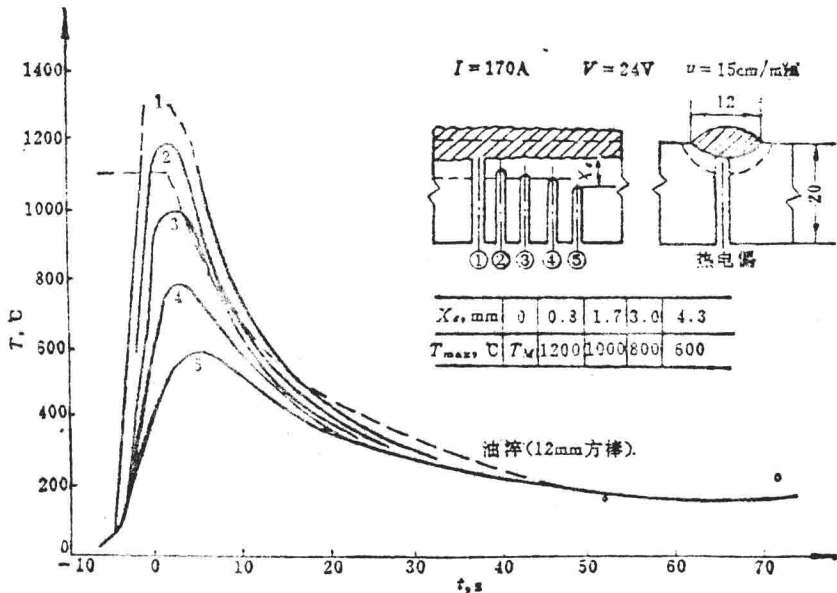


图 1-1 低合金钢手弧焊堆焊时焊缝附近各点的热循环

焊件上某点经历焊接过程时的温度变化，可用 $T = f(t)$ 函数来表示。按此函数画出的曲线，称为该点的热循环曲线。

焊接热循环曲线可用实测和理论计算方法获得。它描述出焊件上热的分布特性，表示焊接接头热影响区的金属经历了一个特殊的热处理过程。这对研究接头的应力变形，接头的组织和性能，提高焊接质量具有重要意义。

测定热循环的方法，可分为接触式和非接触式两类。本实验采用接触式测温方法。常用的是热电偶测温，这种方法简便，直观，有较高的测量精度和灵敏度。

图 1-1 为低合金钢厚板手弧堆焊时，焊件上热影响区不同点的焊接热循环曲线。

四、实验方法及步骤

1. 按图 1-2 要求钻测温孔，先用 $\phi 3.5$ mm 钻头钻孔，留 1~2 mm 余量，再用平底钻头或铰刀钻至要求的深度，孔底的锥度要大于 120° ，这步由实验室预先准备好。

注意：测温孔离起弧点的距离应大于 80 mm。

2. 用储能点焊机在测温孔内焊上热电偶。焊前要清除测温孔内铁屑及油污，用药棉蘸丙酮清洗干净。

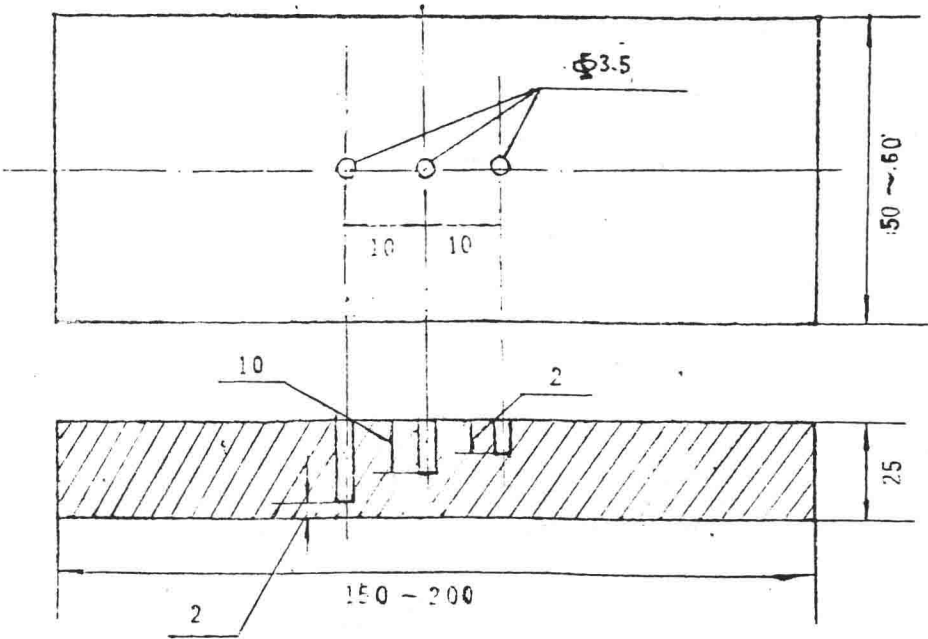


图 1-2 试样尺寸

3. 将试板固定在试验台上，把热电偶接到台式自动平衡记录仪上。注意正负极不要接错（镍铬丝为正极，无磁性；镍硅丝为负极，有磁性），选择合适的量程及走纸速度。

4. 实测焊接热循环曲线时, 注意观察随焊接热源移动, 热循环曲线的变化情况并记录电流、电压和焊接速度。

5. 从实测得到的热循环曲线中获得主要参数:

加热峰值温度 T_m , 加热至 T_m 所需时间, 900°C 以上停留时间 ($t = t' + t''$), $t_8/5$ ($800\sim 500^\circ\text{C}$ 的冷却时间)。

6. 实验数据处理

用台式自动平衡记录仪测得热电偶的热电势时, 因为热电偶的冷端不是 0°C , 所以对测得的热电势应作修正。用下列公式进行计算:

$$E(T, 0) = E(T, t) + E(t, 0)$$

如, 冷端温度 $t = 25^\circ\text{C}$, 热电偶为镍铬—镍硅, 测出的 $E(T, 25) = 52.398\text{ mV}$, $E(25, 0) = 1.000\text{ mV}$, 由热电偶分度表 K 中查出。于是

$$E(T, 0) = 52.398 + 1.000 = 53.398\text{ mV}$$

再由分度表号, K 中即可查出 $T = 1329^\circ\text{C}$

若不进行修正, 按 52.398 mV , 则查出 $T = 1300^\circ\text{C}$, 结果误差 29°C 。

五、实验报告

1. 简述实验过程;

2. 根据记录纸上获得的三条热循环曲线, 查镍铬—镍硅热电偶分度表, 把纵坐标所代表的电势换算成温度, 经过整理后将有关数据填入表 1-1 中;

3. 画出实测热循环曲线;

4. 根据实验结果分析, 焊接规范的其它参数 (如焊接电流 I 、电弧电压 U 、焊接速度 V 和预热温度 T_1 等) 对焊接热循环曲线有何影响?

六、思考题

试用理论公式计算离熔合线最近测温点上的最高加热温度 T_m , 900°C 以上停留时间及 540°C 的瞬时冷却速度, 将计算所得的数值与实验测得的结果加以比较, 并说明产生误差的原因。

表 1-1

测温孔号	测温孔深度 (mm)	峰值温度 T_m (°C)	加热至 T_m 所需时间 (s)	900°C 以上 停留时间 (s)	800~500°C 冷却时间 (s)	540°C 瞬时 冷却速度 (°C/s)	焊接线能量 (J/cm)

表 镍铬—镍硅(镍铬—镍铝)热电偶分度表

分表号: K

(参考端温度为 0 °C)

温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
°C	热 电 动 势 mV									
-270	-6.458									
-260	-6.441	-6.444	-6.446	-6.448	-6.450	-6.452	-6.453	-6.455	-6.456	-6.457
-250	-6.404	-6.408	-6.413	-6.417	-6.421	-6.425	-6.429	-6.432	-6.435	-6.438
-240	-6.344	-6.351	-6.358	-6.364	-6.371	-6.377	-6.382	-6.388	-6.394	-6.399
-230	-6.262	-6.271	-6.280	-6.289	-6.297	-6.306	-6.314	-6.322	-6.329	-6.337
-220	-6.158	-6.170	-6.181	-6.192	-6.202	-6.213	-6.223	-6.233	-6.243	-6.253
-210	-6.035	-6.048	-6.061	-6.074	-6.087	-6.099	-6.111	-6.123	-6.135	-6.147
-200	-5.891	-5.907	-5.922	-5.936	-5.951	-5.965	-5.980	-5.994	-6.007	-6.021
-190	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.796	-5.813	-5.829	-5.845	-5.860	-5.876
-180	-5.550	-5.569	-5.587	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.712
-170	-5.354	-5.374	-5.394	-5.414	-5.434	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531
-160	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.249	-5.271	-5.292	-5.312	-5.333
-150	-4.912	-4.936	-4.959	-4.983	-5.006	-5.029	-5.051	-5.074	-5.097	-5.119
-140	-4.669	-4.694	-4.719	-4.743	-4.768	-4.792	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889
-130	-4.410	-4.437	-4.463	-4.489	-4.515	-4.541	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644
-120	-4.138	-4.166	-4.193	-4.221	-4.248	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384
-110	-3.852	-3.881	-3.910	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.053	-4.082	-4.110
-100	-3.553	-3.584	-3.614	-3.644	-3.674	-3.704	-3.734	-3.764	-3.793	-3.823
-90	-3.242	-3.274	-3.305	-3.337	-3.368	-3.399	-3.430	-3.461	-3.492	-3.523
-80	-2.920	-2.953	-2.985	-3.018	-3.050	-3.082	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211
-70	-2.586	-2.620	-2.654	-2.687	-2.721	-2.754	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887
-60	-2.243	-2.277	-2.312	-2.347	-2.381	-2.416	-2.450	-2.484	-2.518	-2.552
-50	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.102	-2.137	-2.173	-2.208

温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
℃	热 电 动 势 mV									
-40	-1.527	-1.563	-1.600	-1.636	-1.673	-1.709	-1.745	-1.781	-1.817	-1.853
-30	-1.156	-1.193	-1.231	-1.268	-1.305	-1.342	-1.379	-1.416	-1.453	-1.490
-20	-0.777	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.005	-1.043	-1.081	-1.118
-10	-0.392	-0.431	-0.469	-0.508	-0.547	-0.585	-0.624	-0.662	-0.701	-0.739
0	-0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.949	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.878
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.029	10.070	10.111

温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
℃	热 电 动 势 mV									
250	10.151	10.192	10.233	10.274	10.315	10.355	10.396	10.437	10.478	10.519
260	10.560	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
280	11.381	11.422	11.463	11.504	11.546	11.587	11.628	11.669	11.711	11.752
290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.415	12.456	12.498	12.539	12.581
310	12.623	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
320	13.039	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
330	13.456	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.832
340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.208	14.250
350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510
380	15.552	15.594	15.636	15.679	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
390	15.974	16.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
400	16.395	16.438	16.480	16.522	16.564	16.607	16.649	16.691	16.733	16.776
410	16.818	16.860	16.902	16.945	16.987	17.029	17.072	17.114	17.156	17.199
420	17.241	17.283	17.325	17.368	17.410	17.453	17.495	17.537	17.580	17.622
430	17.664	17.707	17.749	17.792	17.834	17.876	17.919	17.961	18.004	18.046
440	18.088	18.131	18.173	18.216	18.258	18.301	18.343	18.385	18.428	18.470
450	18.513	18.555	18.598	18.640	18.683	18.725	18.768	18.810	18.853	18.895
460	18.938	18.980	19.023	19.065	19.108	19.150	19.193	19.235	19.278	19.320
470	19.363	19.405	19.448	19.490	19.533	19.576	19.618	19.661	19.703	19.746
480	19.788	19.831	19.873	19.916	19.959	20.001	20.044	20.086	20.129	20.172
490	20.214	20.257	20.299	20.342	20.385	20.427	20.470	20.512	20.555	20.598
500	20.640	20.683	20.725	20.768	20.811	20.853	20.896	20.938	20.981	21.024
510	21.066	21.109	21.152	21.194	21.237	21.280	21.322	21.365	21.407	21.450
520	21.493	21.535	21.578	21.621	21.663	21.706	21.749	21.791	21.834	21.876
530	21.919	21.962	22.004	22.047	22.090	22.132	22.175	22.218	22.260	22.303
540	22.346	22.388	22.431	22.473	22.516	22.559	22.601	22.644	22.687	22.729

温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
℃	热 电 动 势 mV									
550	22.772	22.815	22.857	22.900	22.942	22.985	23.028	23.070	23.113	23.156
560	23.198	23.241	23.284	23.326	23.369	23.411	23.454	23.497	23.539	23.582
570	23.624	23.667	23.710	23.752	23.795	23.837	23.880	23.923	23.965	24.008
580	24.050	24.093	24.136	24.178	24.221	24.263	24.306	24.348	24.391	24.434
590	24.476	24.519	24.561	24.604	24.646	24.689	24.731	24.774	24.817	24.859
600	24.902	24.944	24.987	25.029	25.072	25.114	25.157	25.199	25.242	25.284
610	25.327	25.369	25.412	25.454	25.497	25.539	25.582	25.624	25.666	25.709
620	25.751	25.794	25.836	25.879	25.921	25.964	26.006	26.048	26.091	26.133
630	26.176	26.218	26.260	26.303	26.345	26.387	26.430	26.472	26.515	26.557
640	26.599	26.642	26.684	26.726	26.769	26.811	26.853	26.896	26.938	26.980
650	27.022	27.065	27.107	27.149	27.192	27.234	27.276	27.318	27.361	27.403
660	27.445	27.487	27.529	27.572	27.614	27.656	27.698	27.740	27.783	27.825
670	27.867	27.909	27.951	27.993	28.035	28.078	28.120	28.162	28.204	28.246
680	28.288	28.330	28.372	28.414	28.456	28.498	28.540	28.583	28.625	28.667
690	28.709	28.751	28.793	28.835	28.877	28.919	28.961	29.002	29.044	29.086
700	29.128	29.170	29.212	29.254	29.296	29.338	29.380	29.422	29.464	29.505
710	29.547	29.589	29.631	29.673	29.715	29.756	29.798	29.840	29.882	29.924
720	29.965	30.007	30.049	30.091	30.132	30.174	30.216	30.257	30.299	30.341
730	30.383	30.424	30.466	30.508	30.549	30.591	30.632	30.674	30.716	30.757
740	30.799	30.840	30.882	30.924	30.965	31.007	31.048	31.090	31.131	31.173
750	31.214	31.256	31.297	31.339	31.380	31.422	31.463	31.504	31.546	31.587
760	31.629	31.670	31.712	31.753	31.794	31.836	31.877	31.918	31.960	32.001
770	32.042	32.084	32.125	32.166	32.207	32.249	32.290	32.331	32.372	32.414
780	32.455	32.496	32.537	32.578	32.619	32.661	32.702	32.743	32.784	32.825
790	32.866	32.907	32.948	32.990	33.031	33.072	33.113	33.154	33.195	33.236
800	33.277	33.318	33.359	33.400	33.441	33.482	33.523	33.564	33.604	33.645
810	33.686	33.727	33.768	33.809	33.850	33.891	33.931	33.972	34.013	34.054
820	34.095	34.136	34.176	34.217	34.258	34.299	34.339	34.380	34.421	34.461
830	34.502	34.543	34.583	34.624	34.665	34.705	34.746	34.787	34.827	34.868
840	34.909	34.949	34.990	35.030	35.071	35.111	35.152	35.192	35.233	35.273

温度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
℃	热 电 动 势 mV									
850	35.314	35.354	35.395	35.435	35.476	35.516	35.557	35.597	35.637	35.678
860	35.718	35.758	35.799	35.839	35.880	35.920	35.960	36.000	36.041	36.081
870	36.121	36.162	36.202	36.242	36.282	36.323	36.363	36.403	36.443	36.483
880	36.524	36.564	36.604	36.644	36.684	36.724	36.764	36.804	36.844	36.885
890	36.925	36.965	37.005	37.045	37.085	37.125	36.165	37.205	37.245	37.285
900	37.325	37.365	37.405	37.445	37.484	37.524	37.564	37.604	37.644	37.684
910	37.724	37.764	37.803	37.843	37.883	37.923	37.963	38.002	38.042	38.082
920	38.122	38.162	38.201	38.241	38.281	38.320	38.360	38.400	38.439	38.479
930	38.519	38.558	38.598	38.638	38.677	38.717	38.756	38.796	38.836	38.875
940	38.915	38.954	38.994	39.033	39.073	39.112	39.152	39.191	39.231	39.270
950	39.310	39.349	39.388	39.428	39.467	39.507	39.546	39.585	39.625	39.664
960	39.703	39.743	39.782	39.821	39.861	39.900	39.939	39.979	40.018	40.057
970	40.096	40.136	40.175	40.214	40.253	40.292	40.332	40.371	40.410	40.449
980	40.488	40.527	40.566	40.605	40.645	40.684	40.723	40.762	40.801	40.840
990	40.879	40.918	40.957	40.996	41.035	41.074	41.113	41.152	41.191	41.230
1000	41.269	41.308	41.347	41.385	41.424	41.463	41.502	41.541	41.580	41.619
1010	41.657	41.696	41.735	41.774	41.813	41.851	41.890	41.929	41.968	42.006
1020	42.045	42.084	42.123	42.161	42.200	42.239	42.277	42.316	42.355	42.393
1030	42.432	42.470	42.509	42.548	42.586	42.625	42.663	42.702	42.740	42.779
1040	42.817	42.856	42.894	42.933	42.971	43.010	43.048	43.087	43.125	43.164
1050	43.202	43.240	43.279	43.317	43.356	43.394	43.432	43.471	43.509	43.547
1060	43.585	43.624	43.662	43.700	43.739	43.777	43.815	43.853	43.891	43.930
1070	43.968	44.006	44.044	44.082	44.121	44.159	44.197	44.235	44.273	44.311
1080	44.349	44.387	44.425	44.463	44.501	44.539	44.577	44.615	44.653	44.691
1090	44.729	44.767	44.805	44.843	44.881	44.919	44.957	44.995	45.033	45.070
1100	45.108	45.146	45.184	45.222	45.260	45.297	45.335	45.373	45.411	45.448
1110	45.486	45.524	45.561	45.599	45.637	45.675	45.712	45.750	45.787	45.825
1120	45.863	45.900	45.938	45.975	46.013	46.051	46.088	46.126	46.163	46.201
1130	46.238	46.275	46.313	46.350	46.388	46.425	46.463	46.500	46.537	46.575
1140	46.612	46.649	46.687	46.724	46.761	46.799	46.836	46.873	46.910	46.948

温度 ℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	热 电 动 势 mV									
1150	46.985	47.022	47.059	47.096	47.134	47.171	47.208	47.245	47.282	47.319
1160	47.356	47.393	47.430	47.468	47.505	47.542	47.579	47.616	47.653	47.689
1170	47.726	47.763	47.800	47.837	47.874	47.911	47.948	47.985	48.021	48.058
1180	48.093	48.132	48.169	48.205	48.242	48.279	48.316	48.352	48.389	48.426
1190	48.462	48.499	48.536	48.572	48.609	48.645	48.682	48.718	48.755	48.792
1200	48.828	48.865	48.901	48.937	48.974	49.010	49.047	49.083	49.120	49.156
1210	49.192	49.229	49.265	49.301	49.338	49.374	49.410	49.446	49.483	49.519
1220	49.555	49.591	49.627	49.663	49.700	49.736	49.772	49.808	49.844	49.880
1230	49.916	49.952	49.988	50.024	50.060	50.096	50.132	50.168	50.204	50.240
1240	50.276	50.311	50.347	50.383	50.419	50.455	50.491	50.526	50.562	50.598
1250	50.633	50.669	50.705	50.741	50.776	50.812	50.847	50.883	50.919	50.954
1260	50.990	51.025	51.061	51.096	51.132	51.167	51.203	51.238	51.274	51.309
1270	51.344	51.380	51.415	51.450	51.486	51.521	51.556	51.592	51.627	51.662
1280	51.697	51.733	51.768	51.803	51.838	51.873	51.908	51.943	51.979	52.014
1290	52.049	52.084	52.119	52.154	52.189	52.224	52.259	52.294	52.329	52.364
1300	52.398	52.433	52.468	52.503	52.538	52.573	52.608	52.643	52.677	52.712
1310	52.747	52.781	52.816	52.851	52.886	52.920	52.955	52.989	53.024	53.059
1320	53.093	53.128	53.162	53.197	53.232	53.266	53.301	53.335	53.370	53.404
1330	53.439	53.473	53.507	53.542	53.576	53.611	53.645	53.679	53.714	53.748
1340	53.782	53.817	53.851	53.885	53.920	53.954	53.988	54.022	54.057	54.091
1350	54.125	54.159	54.193	54.228	54.262	54.296	54.330	54.364	54.398	54.432
1360	54.466	54.501	54.535	54.569	54.603	54.637	54.671	54.705	54.739	54.773
1370	54.807	54.841	54.875							

附：镍铬—镍硅（镍铬—镍铝）热电偶（分度号：K型）性能介绍

1 适用范围

本热电偶适用于氧化和中性气氛中测温，按偶丝直径不同其测温范围—200~1300℃。

实验二 熔敷金属中扩散氢的测定

一、实验目的

1. 掌握甘油法测扩散氢含量的方法;
2. 了解焊条药皮类型、焊条烘干程度及焊接电流的极性等因素对熔敷金属含氢量的影响。

二、实验装置及实验材料

1. KQ-3型扩散氢测定仪
2. 天平
3. 电焊条烘箱
4. 直流电焊机(ZXG-250型)
5. 电流表(附分流器)、电压表
6. 气压计
7. 铜棒 $\varnothing 40 \times 100\text{mm}$ 两根
8. 焊条 结422(E4303), 结507(E5015) $\varnothing 3.2\text{mm}$
9. 电吹风、秒表、钳子、锯头、酒精等。

三、实验原理

氢对焊接接头的影响极大,它不仅可在焊缝中生成气孔,而且是产生冷裂纹的主要原因之一。

焊接中的氢主要来自水和有机物。这些水和有机物在焊接高温下分解出氢,氢再以原子或质子的形式进入液态金属,使熔敷金属或焊缝金属含氢。因此,熔敷金属或焊缝金属的含氢量受环境温度及湿度、焊条药皮类型及烘干程度、焊件表面清理质量、焊接方法及工艺参数、焊接电流的种类及极性等许多因素的影响。

进入熔敷金属或焊缝金属中的氢,一部分以分子状态聚集在金属内部的空穴中不能再自由扩散,称之为残余氢($[H]_{\text{残}}$);另一部分以原子或质子状态存在,可在金属的晶格中自由扩散,称为扩散氢($[H]_{\text{扩}}$)。因此金属中的含氢量可用 $[H]_{\text{总}} = [H]_{\text{残}} + [H]_{\text{扩}}$ 表示。残余氢只能通过真空加热的方法去除。而用测氢仪测得的是金属中的扩散氢含量。扩散氢在金属中的含量随放置时间的增长而逐渐减少,因此通常所说的含氢量是指焊后立即进行测定所得到的含氢量。

扩散氢通常是采用气体排液法收集在一个密闭的集气管内进行量测的。由金属表面扩散逸出的微小氢气必须通过收集介质升到集气管顶部。因此,收集介质必须粘度低,

化学稳定性好才能保证实验的准确性。目前常用的收集介质主要有甘油及水银。甘油的粘度较大，因而精度较低。水银的粘度小、比重大有利于氢气泡浮出，故精确度高。因此国际焊接学会（IIW）规定用水银作为收集介质。但水银有毒，所以甘油法仍是一种主要的测氢方法。甘油法测的扩散氢与水银法测的扩散氢量间的换算关系为：

$$[H]_{\text{扩}} = 0.68 H_{\text{IIW}} - 1.2$$

式中：[H]_扩——甘油法测定的扩散氢

H_{IIW} ——水银法测定的扩散氢

本实验采用甘油法测氢。

四、实验方法及步骤

1. 焊前准备

（1）将两类焊条（结422及结507）各取一部分放在烘箱内烘干。

结422的烘干温度为250℃，保温2小时

结507的烘干温度为350℃，保温2小时

（2）将扩散氢测定仪中的温度升至45℃并恒温，把扩散氢集气管装满甘油，并赶走顶部的任何气泡。

（3）将两根铜棒并排放置在焊台上，并接在焊机的一个极上（图1-3）。

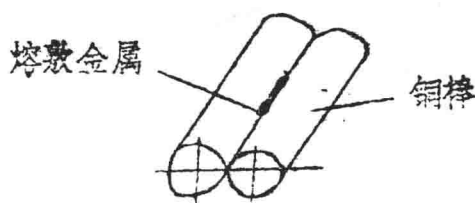


图 1-3

2. 焊接

选择合适的焊接规范在两根铜棒界面处进行堆焊，记下焊接时的各项规范参数。焊接过程中尽可能采用短弧焊，绝不允许中间灭弧，否则重焊。

3. 水冷

停焊后应立即将熔敷金属从铜棒上取下投入0~20℃的冷水中急冷，要不断搅动以使试样均匀冷透，10秒后取出。

4. 清洗

试样出水后立即清除其熔渣、擦干并用酒精去水，然后用吹风机吹干。

5. 测氢

吹干后迅速将试样放入充满甘油的集气罩中收集扩散氢，同时记下环境温度及大

气压，24小时后读取集气管顶部收集到的扩散氢含量，并做记录。按附录1-2中。

注意：试样从焊完到放入集气罩所经历的时间不应超过60秒。

6. 称重

试样从收集器中取出，用水洗净和酒精脱水，吹干后再用天平称出重量G，并做好记录。

7. 实验内容

为了解焊条药皮类型及焊条烘干程度对 $[H]_{\text{扩}}$ 的影响，每组实验应包括以下内容：

(1) 用未烘干和烘干的结422焊条分别反极性堆焊，测定两种情况下熔敷金属的 $[H]_{\text{扩}}$ 含量。

(2) 用未烘干和烘干的结507焊条分别反极性堆焊，测定两种情况下熔敷金属的 $[H]_{\text{扩}}$ 含量。

(3) 用烘干的结507焊条正极性堆焊，测定熔敷金属的 $[H]_{\text{扩}}$ 含量。

每种情况均重复做两次，测定结果取两个试件扩散氢含量的平均值。

8. 实验结果的计算

测得的扩散氢体积首先要换算成标准状态（温度—0℃，大气压—760mm汞柱）下的氢体积，再算出100g熔敷金属中析出的扩散氢含量，其计算公式如下：

$$[H]_{\text{扩}} = 100 \frac{V P T_0}{G P_0 T} \quad (\text{mL} / 100\text{g})$$

式中 $[H]_{\text{扩}}$ ——标准状态下100g熔敷金属中的扩散氢含量；

V——集气管中收集的扩散氢体积（mL）；

G——熔敷金属的重量（g）；

P——试验环境大气压（汞柱高，mm）；

P_0 ——标准大气压（760mm汞柱或1013.15毫巴）；

T_0 ——标准大气温度（273K）；

T——集气管内的温度（K）。

表 1 - 2

编 号	焊 条 种 类	电 流 种 类、极性	焊条烘干 程 度	收 集 管 气 体 体 积 (mL)	熔 敷 金 属 重 量 (g)	测定结果 (ml/100g)	
						单个试件	平 均
1 2	结 422	直 流 反 极 性	未 烘 干				
3 4	结 422	直 流 反 极 性	250℃ 烘 2 小时				
5 6	结 507	直 流 反 极 性	未 烘 干				
7 8	结 507	直 流 反 极 性	350℃ 烘 2 小时				
9 10	结 507	直 流 正 极 性	350℃ 烘 2 小时				

五、实验结果的整理和分析

把实验数据及结果填入表 1 - 2 中, 并对试验数据和结果进行整理分析。比较焊条种类、烘干程度及电流极性对熔敷金属中扩散氢含量的影响。从理论上分析不同结果产生的原因。