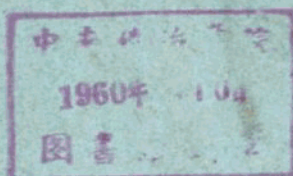


40-145
214263

苏联专家报告集



北京钢铁学院

1958年12月 北京

蘇聯專家報告集

北京鋼鐵學院

1958年12月 北京

前 言

1958年9月苏联高等教育工作者考察团应邀到我国訪問。在訪問期間，莫斯科鋼鐵学院院长 И. Н. Кидин 教授，金屬教研組主任 Б. Г. Лившиц 教授及列宁格勒加里宁工学院院长 В. С. Смирнов 教授曾在北京鋼鐵學院，就高频热处理、金屬学、高温合金以及压力加工等方面作了系統的学术报告。这些报告当时受到我院及各地前来听講的同志热烈的欢迎，这些报告无疑的对于我国在这些方面的科学技术工作有重大的意义，尤其难得的是报告中很多內容是作者們尚未在苏联发表的研究成果，承他們以兄弟般的热忱，將全部講演稿贈給北京鋼鐵學院，为了紀念这次有意义的創举，和广为傳播苏联学者精湛的学术知識，在此全国科学大跃进中提高我国的学术水平，我們將所有的报告經我院的教师及工作人員翻譯校对后編印成冊，以供国内从事有关学术工作的同志参考。在此特別对上述三位教授和参加編写的作者們致以衷心的感謝。

北京鋼鐵學院 科學研究部

1958年12月17日

目 錄

1. 鉄及其合金的感应加热动力学的磁性理論	И. Н. Кидин (1)
2. 电热处理后鋼和鑄鉄的組織和性質	И. Н. Кидин等 (14)
3. 感应加热时鋼中的相变	И. Н. Кидин (36)
4. 高频电热处理的工艺设备及其过程的控制	И. Н. Кидин等 (69)
5. 电热处理在苏联工业中的应用	И. Н. Кидин等 (80)
6. 耐热合金的研究方法	А. А. Жуховицкий等 (92)
7. 鎳鉻基高温合金在热处理时性能及組織的变化	Б. Г. Лившиц等 (128)
8. 鉬和鉬合金文献評論	М. Я. Цвилинг等 (145)
9. 不均匀固溶体研究	Б. Г. Лившиц (179)
10. 高温合金金屬半現狀	М. Л. Бернштейн (207)
11. 軋制生产现代成就	В. С. Смирнов (250)
12. 穿孔机工具孔型設計原理	В. С. Смирнов (257)

鉄及其合金的感應加熱 動力學的磁性理論

技術科學博士 И. Н. Кидин 教授

只有正确知道了被加热的物体內所发生的热过程的发展特征后，才能在金屬及其合金的热加工技术中正确地利用感应加热。

在进行热处理或准备进行塑性变形而加热时，利用“内部”热源——加热件中的感应电能与利用外部热源有根本的区别，外部热源是外部高温介質向被加热物件傳热的結果所得到的。

热处理或塑性变形时加热的目的是准备金屬的結構实现必要的相变，或赋予足够的塑性。好几十年来，在爐內或浴槽內緩慢加热解决了这一問題。加热过程发展的特征、它在一定温度下的变化，取决于这些温度下的吸热反应。因此，为了能很好地及正确地建立必要的温度和时间的加热制度，有了吸热反应的临界温度的基本概念一般講是足够的了。通常总是采用常用的十分簡便的經驗数据。工程技术中出现了感应加热后，並未立刻促使大家去闡明它的动力学特点。大約在四分之一的世紀里，除相变理論外並沒有探討过感应加热动力学的任何其它理論。在企图确立快速加热时奥氏体生成过程的特征，闡明进行这一过程的温度及时间的条件的时候，相变理論的不完备性就明显地表在出来了。几年来，对普通緩慢加热及快速感应加热时奥氏体生成的条件具有不同見解的各种代表，都把相变动力学和加热动力学这两种概念混为一談，因此这些代表不能得出肯定的足够客观的概念来。

这一情况促使莫斯科鋼学院电热处理實驗室在感应加热动力学的特点及类型方面进行了大量系統的研究工作。

从鋼件在电磁場內加热条件的变化規律的总概念出发，可以提出許多影响感应加热动力学的因素来。讓我們提一下对我们來講是很明显的几个因素：

①被加热物件截面上功率的不均匀分佈。交流电集中在导体的表面层的傾向产生了实现高速加热可能性。

②加热过程中由于鋼的物理常数随着温度而改变，受电磁場的作用而析出的功率重新发生分佈。

③由于被加热物件中电流的重新分佈，改变了由表层向內层的导热条件。

④感应功率的总值。

⑤珠光体→奥氏体、磁性及多晶形等轉变的吸热效应。

⑥磁性及多晶形等轉变的临界温度与珠光体→奥氏体轉变的起始温度之間的相对位置。

⑦鋼中各組織組成物的定量关系（珠光体与組織自由相的比）。

⑧原始組織——各相的大小及空間分佈。

⑨合金的化学成份——是否有难溶的碳化物存在，固溶体的状态及成份。

⑩对于工业純金屬，則尚有过度到順磁性状态的轉变温度。

⑪工件外形，被加热区的形狀。

⑫在被高速加热的表面层下是否有許多易于吸热的物質。

其中每一因素的影响在一定程度上也取决于其它因素。但是，即使这样一张简单的一覽表也充分令人心服地证明了：在若干場合下相变对感应加热动力学不能起决定性的影响，因此这也就证明了相变理論是十分不够的。我們將感应加热視作非稳流导热过程的一种特殊形式，其内部能源有正有負。在这里，正能源是工件内部由感应电流所产生的热能，負能源是相变及磁性轉变等吸热反应的热效应。

感应加热过程的分析指出，虽然在整个导体体积內产生电能是加热的唯一原因，但是电能对截面上温度分佈的直接影响却仅局限于很薄的表层內。导体体积的主要部分依靠导热性加热。

感应加热过程的发展在理論上如图 1 所示。根据外层（图 1 中的左線）及內中心层（右線）的温度差，可以評定图 1 上每一阶段的加热制度。全部过程可以分成下列四个主要阶段。

第一阶段——从通电起开始。这是一个正在建立的过程（图 1 中的 I），这一阶段的基本特征是在表面层及中心层間的温度梯度不断增大。第二阶段（图 1 中的 II）是似稳定过程。温度梯度达到最大値时第一阶段就結束了。往后，在第二阶段上，这温度梯度的值保持不变。在第二阶段的过程中，表层及中心层的温度增長的速度相同。当在感应圈——被加热物件的电磁系統中发生变化，因而在被加热物件截面上的感应功率发生重要的重新分佈的时候，第二阶段在这温度区域中結束。

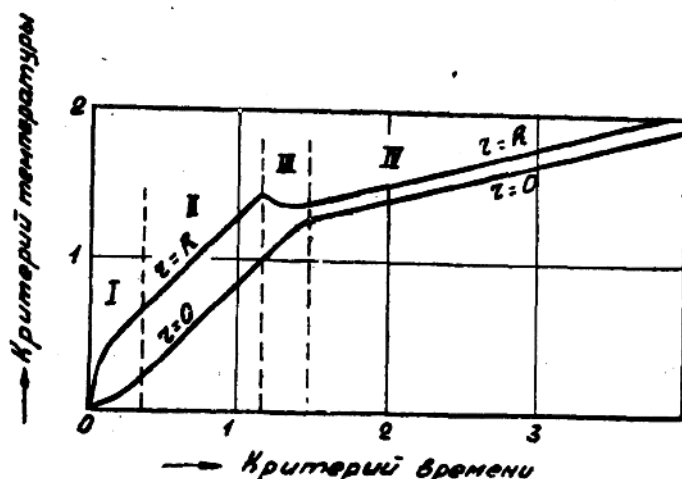


图1 感应加热时板状物件表面($t=R$)及中心($t=0$)的温度变化。此时由于铁磁性的损失单位功率降低了。

結果就开始下一阶段的加热。

第三阶段（图 1 中的 III）——正在新建立的过程。在这一阶段中表层及中心层之間的温度梯度不断地改变，直到在新的热力状态下进入下一阶段时为止。

第四阶段（图 1 中的 IV）——新建立的似稳定过程。在这加热阶段上重新建立起不变的温度梯度来。但与第二阶段不同，第四阶段的温度梯度小得多了。

从这简单而基本的分析中看出，最感兴趣而又最重要的变化是在第二阶段結束时开始的。发生变化的直接原因是此时表层达到了由铁磁性态轉入順磁性态的温度，这也就使被加热物件截面上的感应电流发生重要的重新分佈。表层內的功率剧烈降低，在这表层附近的那些层內功率却在增大着。而向內层的导热能力（其能力取决于被加热物件的物理性能及温度梯度

值)却不减弱。第三阶段一开始还没有任何理由减弱这一能力。由于这些变化,表面的加热就大大减慢了。根据在第三阶段任一时刻内由感应电流引起的表层的热功率与由导热性引起的向内层传导的热功率间的比值,表层热状态的变化可以是各种各样的。

若导热比析出的功率小,则在加热曲线上出现曲折点,其特征仅是曲线的斜度有了改变。

若导热与表层内析出的功率相等,则在加热曲线上出现水平线。若导热超过表层析出内的功率,则在某段时间内表层就会冷却。在加热曲线上出现马鞍形。这三种情况在图2中表示出来了。

在一般情况下,第三阶段的到来是与表层由铁磁性态转入顺磁性态相关联。因此,我们称上述概念为感应加热动力学的磁性理论,以便与不久前尚佔统治地位的並用于一切加热方法(其中包括感应加热方法)的相变理论相对立。

碳鋼及鑒鐵高频加热的动力学

前已指出,影响感应加热过程发展的重要因素之一是截面上感应功率的分佈不均匀。除了某些其它情况外,这一不均匀性的特征尚取决于感应电流的频率,以及电流穿入该铁磁材料的深度与被加热物件的尺寸的比。所以最好将在高频的电子管振荡器上加热及中频的机器发电机上加热的动力学分别讨论。

下面引用的数据是在电子管振荡器上得到的,它产生的电流频率约为300000週/秒。

我們首先討論造成鋼在加热过程中由铁磁性态转入顺磁性态的原因。表层由铁磁性态转入顺磁性态可由各种不同的情况引起:

①被加热物体的铁素体达到居里点温度(碳鋼为 $\sim 770^{\circ}\text{C}$)时,由铁磁性态转变为顺磁性态。由于渗碳体在很低的温度就已发生了这一转变,故铁素体失去磁性后就在被加热物体的表层形成了完整的顺磁性层。整个表层都是顺磁性态,使得在感应圈一被加热物件电磁系统中发生最大的变化。

②若原始組織非常細小而均匀(例如共析碳鋼的索氏体),则碳化物顆粒间的铁素体区域可变得如此狭小,甚至当加热速度十分巨大时($\sim 1000^{\circ}\text{C}/\text{秒}$),由碳化物顆粒界面向铁素体内扩散延伸的奥氏体在铁素体达到居里点前就已把铁素体区域佔滿了。在这种加热速度下,奥氏体扩散面佔据铁素体区域是发生在 $740\sim 750^{\circ}\text{C}$ 。此时,由于铁磁性的铁素体转变为顺磁性的奥氏体,在表面层内形成了完整的顺磁性层。表层加热曲线上在 A_1 及铁素体居里点之间的温度(大致在 $723\sim 770^{\circ}\text{C}$)温度区内出现曲折。

③当加热原始組織为馬氏体的鋼时,若加热速度足够大,以致在此成份的鋼中馬氏体分解成铁素体——渗碳体混合物的过程可能完全被阻止了,则在表层内发生馬氏体的可逆转变。由于铁磁性的馬氏体转变成顺磁性的奥氏体,表面层内形成了完整的顺磁性层。表层加热曲

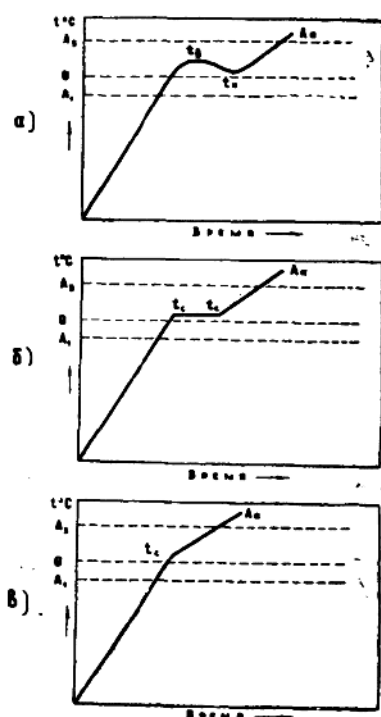


图2 感应加热动力学的基本类型示意图

- 1—有马鞍形的加热曲线;
- 2—有等温线的加热曲线;
- 3—无等温线的加热曲线。

線上的曲折處將發生于 A_1 點以下的溫度。在這裡順便提一下，所討論的感應加热的性質使我們有可能用實驗來直接証明鋼中馬氏體轉變的可逆性是存在的。

讓我們討論一下鉄、鑄鉄及鋼的某些實驗數據，以証明所提出的感應加热動力學磁性理論的正確性。

圖3與圖4是工業純鉄加热時用示波儀測得圖象及其轉換成的曲線。可以看出，在一切場合下加热曲線上的曲折處都聯系到鉄素體失去磁性的溫度區域，在這材料中几乎是沒有珠光體，因此用相變來解釋曲線上出現的曲折點不僅實際上解釋不通，而且原則上也是錯的。

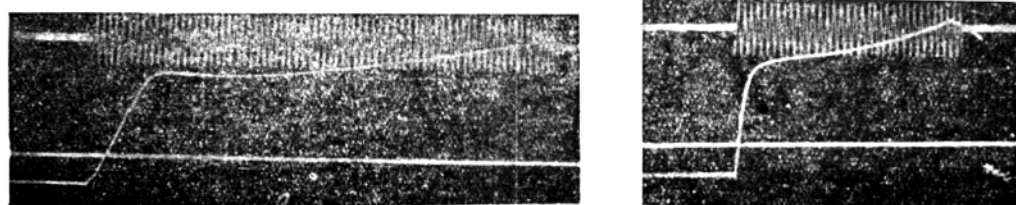


圖3 直徑12毫米的工業純鉄實心試樣的加热示波儀圖象。

加热速度：a— $2780^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ，b— $7000^{\circ}\text{C}/\text{秒}$

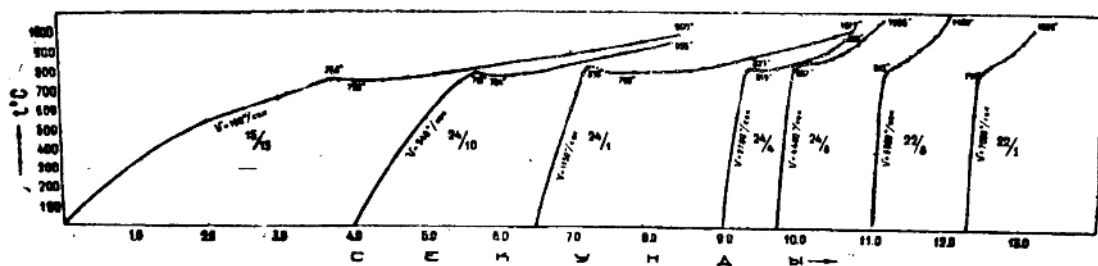


圖4 直徑12毫米的工業純鉄實心試樣的加热曲線

圖5與圖6是鋼Y8的數據，鋼Y8的整個體積都是珠光體。加热曲線上的曲折處並不出現在 A_1 附近的溫度區域，而是與前面的情況一樣，也出現在鉄素體磁性轉變的溫度區域，雖然工業純鉄與鋼Y8的組織成份根本不同，但加热曲線上的曲折處却在相同的溫度出現，這一事實直接指出了曲折處形成的原因。

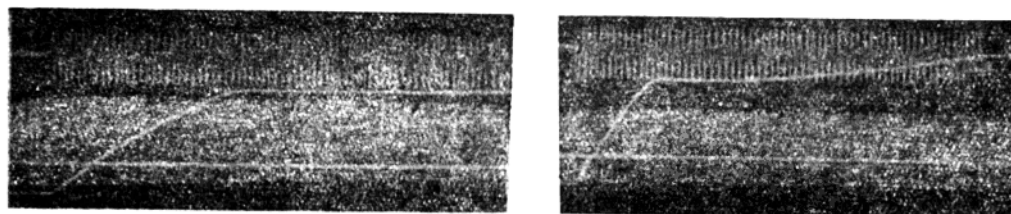


圖5 直徑12毫米的鋼Y8實心試樣的加热示波儀圖象

加热速度：a— $910^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ；b— $2460^{\circ}\text{C}/\text{秒}$

圖7是含10.57%Cr及0.24%C的鋼的加热曲線，與居里點高于 A_1 的普通碳鋼不同，在這一成份的鉻鋼中居里點低于 A_1 溫度。 $A_{c1}=840^{\circ}\text{C}$ ， $\theta=750^{\circ}\text{C}$ 。我們所進行的一切實驗都証明，加热曲線上的曲折處也都出現在磁性轉變溫度。而在珠光體→奧氏體轉變溫度區域內，加热曲線上並未發現任何變化。

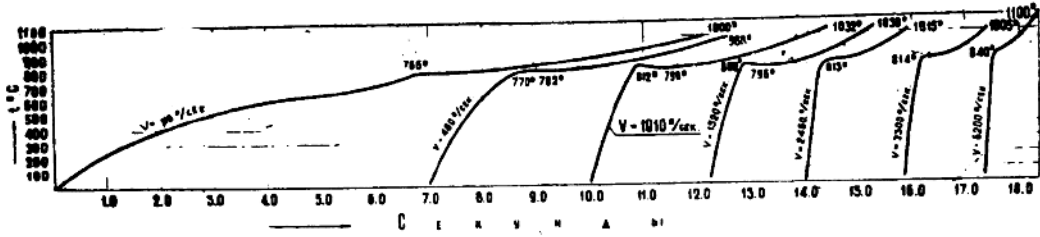


圖 6 直徑12毫米的鋼 Y8 實心試樣的加熱曲線

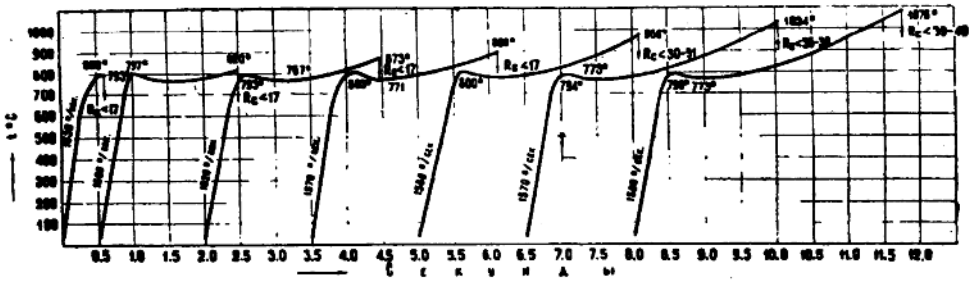


圖 7 鋼實心試樣的加熱曲線

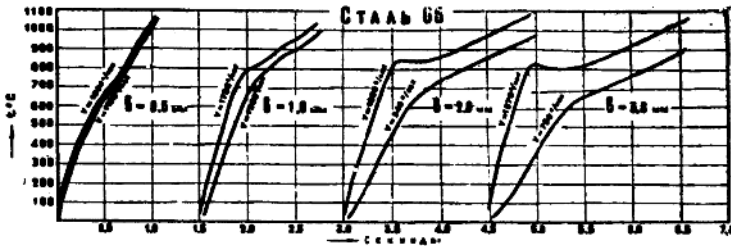


圖 8 工業純鐵空心試樣的感應加熱動力學

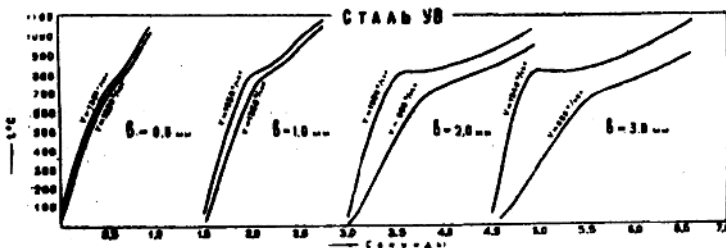


圖 9 鋼 Y8 空心試樣的感應加熱動力學

圖 8 与圖 9 是同时在管子內层及外层測得的加熱曲線。管子由鋼 O5 及 Y8 制成。

將圖 8 圖 9 的曲線与圖 1 上的理論曲線相對照，則它們是十分相似的。不能期望它們完全相似，因为圖 1 右面的曲線是軸心处的曲線，而圖 8 圖 9 上这一曲線是属于远离軸心的那

一层的曲线。下面再讨论一下铸铁的加热曲线。

由于铸铁组成中有着较多的铁磁性相，感应加热动力学与钢的动力学不应有原则上的区别。因此，加热曲线上的主要变化可能是在表面由铁磁性态转入顺磁性态的转变温度方面。当然，这些变化的特征，由于原始状态的组成物的比例不同，也由于象导热性等物理量的不同，会略有区别的。但是由于铸铁在加热过程中变化的基本原因与钢加热时相同，所以铸铁与钢的感应加热动力学应具有很大的相似性。

图10~12是珠光体灰口铸铁试样的某些加热情况。铸铁成份如下：

	C _总	C _{结合}	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
%	3.2	0.72	2.4	0.6	0.12	0.22	0.15	0.08

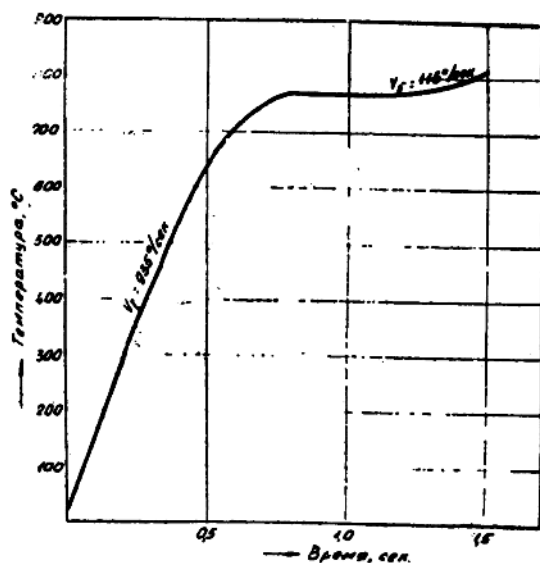


图10 直径15毫米高15毫米的珠光体灰口铸铁实心试样的加热曲线。

加热速度 $V_t = 935^\circ\text{C}/\text{秒}$

图10及图11上的曲线指的是直径15毫米高15毫米的试样加热情况，加热曲线上的曲折处与居里点温度非常接近，因而就可以完全肯定地说产生曲折的原因是被加热物件中铁素体部份由铁磁性态转入顺磁性态。图12也是直径15毫米高15毫米的试样加热情况，但是它的加热速度比前两种情况大得多。曲线的形状就有很大的差别。产生差别的原因是：在加热速度很大的情况下，铸铁固有的低的导热性妨碍了热向内层传导。所以就看不到温度停止升高，而看到缓慢的上升。但是导热性的降低不仅在这一情况下体现出来。当钢在与前两个例子相仿的条件下加热时（试样直径相同，加热速度相同），不仅可以看到温度停止升高，而且可以看到温度某些降低（加热曲线上的“马鞍形”）。当铸铁加热时，由于向内层的导热条件变坏，表层就不会冷却。

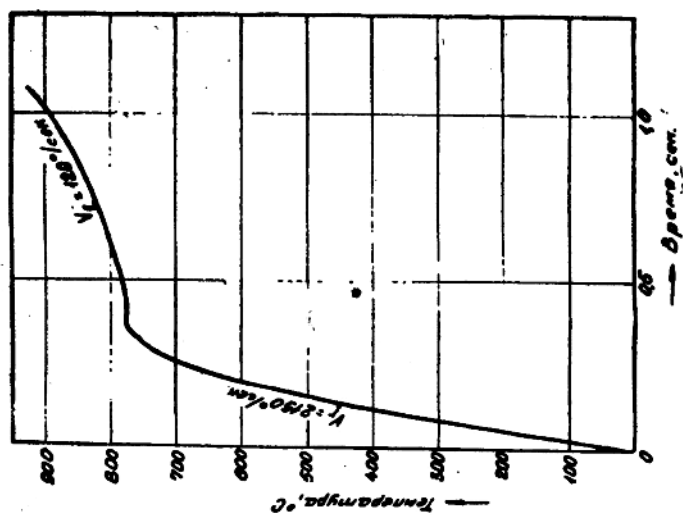


图11 直径15毫米高15毫米的球光體灰口鑄鐵實心試樣的加熱曲線。加熱速度 $V_1 = 2150^{\circ}\text{C}/\text{秒}$

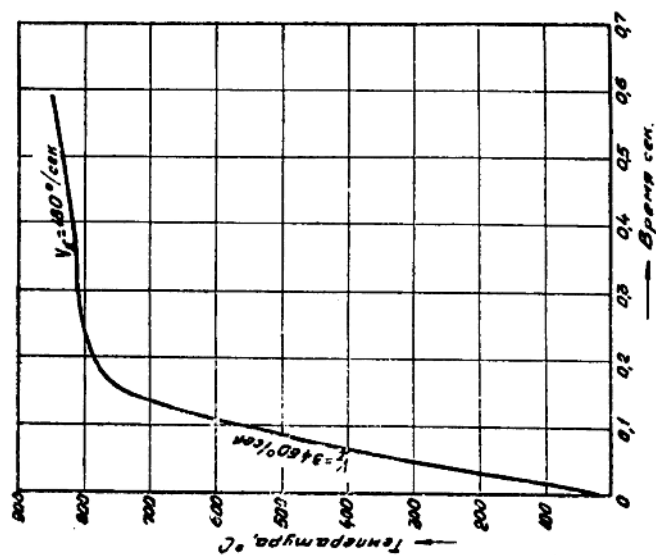


图12 直径15毫米高15毫米的球光體灰口鑄鐵實心試樣的加熱曲線。加熱速度 $V_1 = 3460^{\circ}\text{C}/\text{秒}$

图13是直径25毫米高15毫米的鑄鉄試样加热曲线。表层由铁磁性态转变为顺磁性态在加热曲线上反映出逐渐的变化。

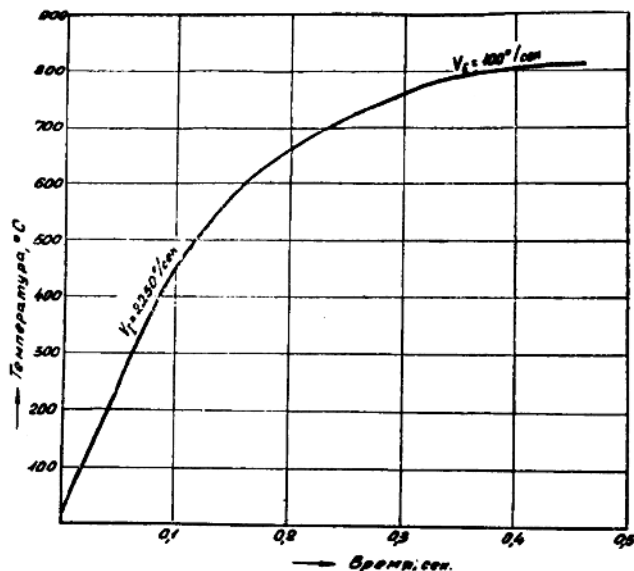


图13 直径25毫米高15毫米的实心鑄鉄加热曲线
加热速度 $V_T = 2250^\circ\text{C}/\text{秒}$

鋼的音频加热动力学

至今所引用的数据都是在电子管振荡器上高频加热时取得的数据，电子管振荡器产生频率约为300000週/秒的电流。当用机器发电机所产生的电流加热时，感应加热动力学磁性理论的一般原理仍是正确的。但是由于频率相差如此大的电流所产生穿入深度差别很大，所以用机器发电机电流加热的曲线与电子管振荡器电流加热的曲线可能有很大的差别。

工件半径与电流穿入深度之间的比值不同时，电流密度分布也不相同。因此，在临界温度区间内电流密度分布的变化也就具有另一种性质，这一切不能不影响表层加热过程的发展。由于似稳定阶段已结束，由表层向内层的导热将对表面加热曲线起重大的影响。因为与小的穿入深度相比，当穿入深度很大时界面层（这一现象就发生在界面层内）是远离表面的。

图14是 $d=24$ 毫米试样的表面加热曲线，电流频率8000週/秒，由机器发电机供给。曲线1是工业纯铁试样的加热曲线，曲线2是鋼y8试样的加热曲线，曲线3是鋼35试样的加热曲线。

鋼y8的原始组织是粗大的珠光体。鋼35试样的珠光体部份也具有这种结构。这三条曲线都有着相同的行程，这说明在加热过程发展中引起变化的原因是相同的；也就证明珠光体→奥氏体转变在这种场合下是没有影响的。大的穿入深度的影响如下：从第一似稳定状态过度到第二状态时是逐渐改变的，因为试样输入功率与向内层导热功率之间的比值在穿入深度的“界面”上剧烈变化，而今这一变化是在离表面较远的地方发生。厚层所起的挡板影响使这些变化缓和了，因而表面热电偶测不出厚层中有冷却或有加热显著缓慢。

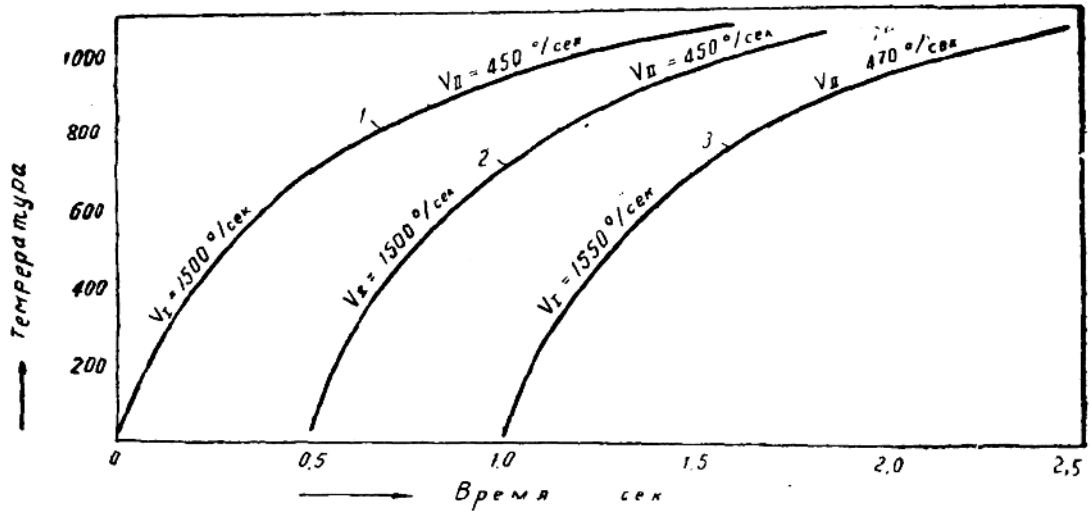


圖14 直徑24毫米的試樣表面加熱曲線，電流頻率8000週/秒。曲線1是工業純鐵，曲線2是鋼Y8，曲線3是鋼Y35。

用机器发电机产生的电流加热时，原始組織起着更大的影响，因为有很厚的一层同时加热。原始組織对奥氏体在铁素体区域中扩散形成过程的发展，以及对于因为有很大一部份体积同时进行着珠光体→奥氏体转变而需要的热量的增大，都起很大的影响。图15与图16是鋼Y8試樣的加熱曲線，其組織为細小的珠光体（图15）及索氏体（图16）。第一种情况下在745°C发现温度停止上升，第二种情况下是在735°C。根据扩散原理計算，当加热速度为1000~1500°C/秒时，在上述組織的鋼中，奥氏体在铁素体区域中的扩散形成的过程是能在

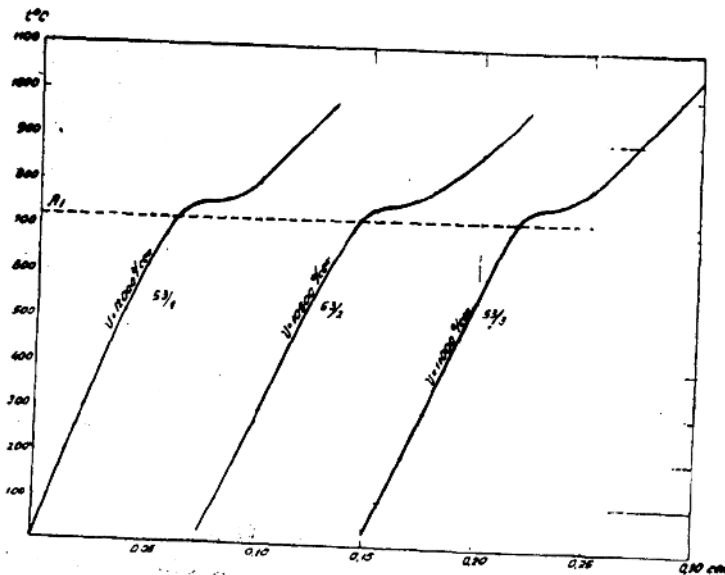


圖15 鋼Y8試樣的加熱曲線，試樣組織為細小的珠光體

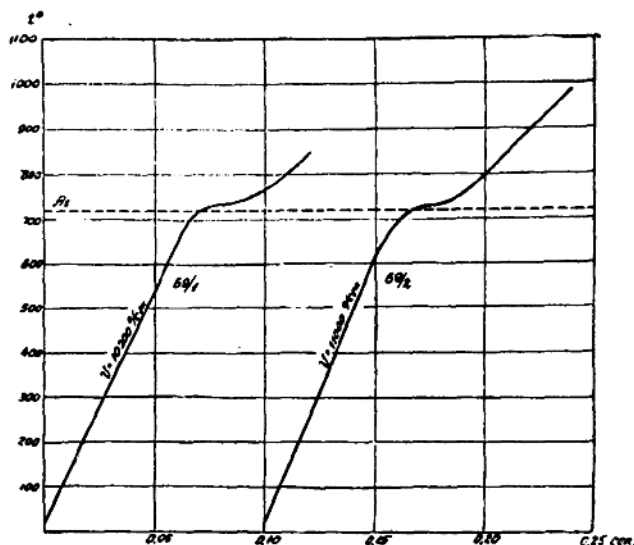


圖16 鋼V8試樣的加熱曲線，試樣組織為索氏體

这些温度完成的。在这一场合下，整个表面层轉变为順磁性态仍是温度停止上升的主要原因。

图17是工业純鉄的加热曲線。曲線1指的是表面上的变化，曲線2指出是离表面1.8毫米处的变化，曲線3指的是离表面3.7毫米处的变化。曲線2清晰地指出了曲折处的磁性本質。根据試样的質量及加热速度等条件，曲折是应该形成的。

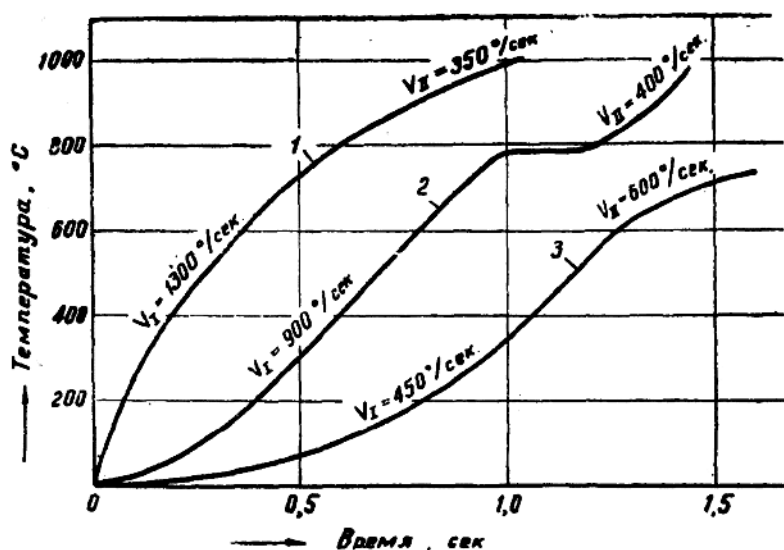


圖17 工業純鉄加热曲線

1—表面温度的变化；2—離表面1.8毫米处的温度变化；3—離表面3.7毫米处的温度变化。

合金鋼的加熱動力學

上面曾提到了鉻鋼加熱的一種情況（圖7）。選擇這種成份的鉻鋼（ $\sim 10\% \text{Cr}$ ）的目的是希望有可能直接用實驗來確定感應加熱曲線上出現曲折處的主要原因。因為含 $10\% \text{Cr}$ 的鉻鋼（ C 為 0.24% ）與碳鋼不同，它的居里點溫度低於相變開始溫度。

但是在工程技術中經常使用含合金元素量較低的鉻鋼和其他鋼種。

為了研究加入合金元素的程度對感應加熱動力學的影響，我們研究了鋼的成份（合金元素和碳）作系統變化的鋼種。

下面列舉了這一研究的幾個基本概念。

研究證明，合金鋼加熱曲線的主要變化是與居里點位置的改變有關的，而居里點溫度位置的改變又取決於合金元素的種類及其量的多少。

圖18是鉻鋼、鎢鋼、鉬鋼及鎳鋼中居里點溫度位置（中線）及其相變開始溫度。我們得到了大量的感應加熱曲線，都證明加熱過程發展中的基本變化都與表面層由鐵磁性態轉變為順磁性態的溫度有關。這樣，鉻鋼、鎢鋼、鉬鋼、鎳鋼等各種鋼種的感應加熱動力學的實驗研究，也完全証實了感應加熱動力學磁性理論的正確性。這就使我們有根據相信，這一理論不僅能解釋碳鋼的感應加熱動力學，它在合金鋼方面也有同樣的效果。

因此，現有的全部資料都證明，這一理論具有普遍的性質。

感應加熱動力學的磁性理論能解釋感應加熱曲線上的全部變化情況，沒有一處解釋不清的。但是用相變理論無法解釋清楚，例如無法解釋加熱曲線上出現“馬鞍形”的原因，無法解釋為什麼曲折處溫度的移動與平衡溫度 A_1 的位置無關，無法解釋為什麼隨著加熱速度的增加折線本身的形狀改變了，以及其它等等現象。因此，相變理論的實際結論是與高頻淬火的工藝結果有很大矛盾的。還可以指出，在相變理論的結論與高頻熱處理的實踐之間有着一個嚴重的分歧。例如，從相變理論可得出：由珠光體轉變成為奧氏體主要發生在平衡溫度附近，且其本身的轉變速度極大；因此根據這一理論，在加熱曲線上溫度應停止升高。由此就引出：共析成份或接近共析成份的鋼的淬火溫度，不論普通緩慢加熱或感應快速加熱，都是高出 $A_1 20\sim 30^\circ\text{C}$ 。可是大部份高頻淬火的實際應用表明，這加熱溫度是不夠高的。快速加熱時的淬火溫度要比臨界點 A_1 高出 $80\sim 100^\circ\text{C}$ 。

磁性理論的主要結論是：引起感應加熱曲線上變化的原因不是相變，而是磁性變化。因而磁性理論就把感應圈——被加熱物件系統中電磁場的变化與被加熱物件內部的溫度場及物理量場的变化結合起來了。這就有可能解釋為什麼在相變及磁性轉變結束後的階段上加熱速度變化很大。

在上述相互關係的基礎上，同樣可以解釋為什麼各種合金鋼有不同形狀的折線。所得的資料表明，鉻鋼和鎢鋼當其元素含量各為1；2.5；5及 10% 時，則當加熱速度在 $3000^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以下，在加熱曲線上出現馬鞍形折線。僅當加熱速度超過這一速度時，馬鞍形折線就變成水平線，當速度為 $5000^\circ\text{C}/\text{秒}$ 時，變成無水平線的折線了。

對鎳鋼而言，只有在鎳的含量為1及 2.5% 時才出現上述相似的情況。含5及 $10\% \text{Ni}$ 的鋼，即使加熱速度很小也不出現馬鞍形折線。

上述差別的原因是由於電磁現象及熱現象在數量比例上的不同。若鐵磁性的臨界溫度很高，則電磁場最大的變化將在高溫發生，曲折處溫度為 $770\sim 820^\circ\text{C}$ 。此時導熱系數達到很大值，且由表層向內層的導熱發展到這樣的程度，以致在表面上溫度有某些降低。加入鉻或鎢

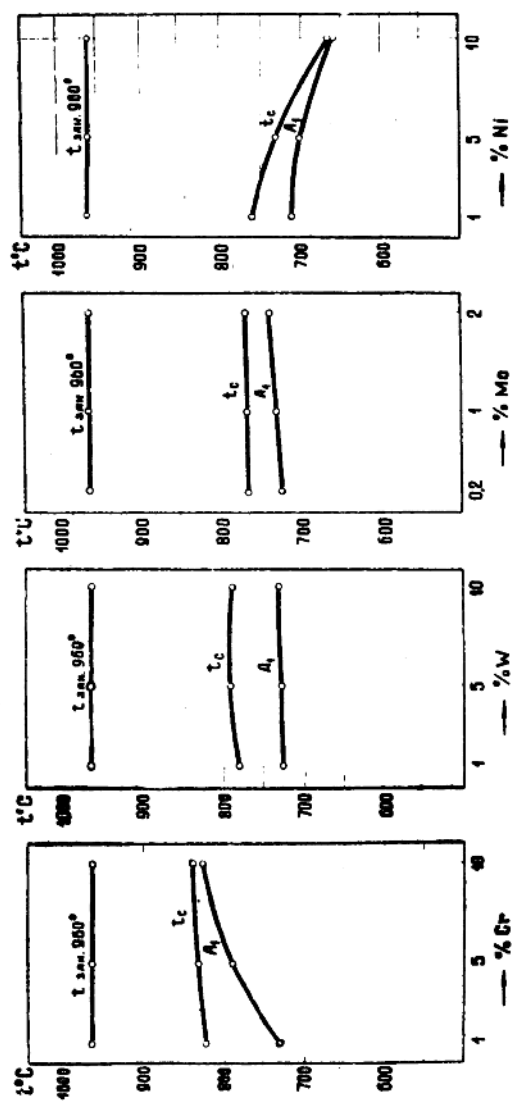


圖18 合金鋼 A_1 溫度位置的變化及感應加熱等溫階段的变化

能降低导热系数，却被随着温度的升高，而导热系数的增加所抵消。

对镍钢而言，由于居里点下降很多，曲折处温度降至 $650\sim 670^{\circ}\text{C}$ 。出现曲折处的温度比铬钢及钨钢的曲折处温度要低 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。由于导热系数大大降低，由表层向内层的导热条件变得很坏，因此在表层内温度就不可能降低下来。

这一例子很好地说明在感应加热发展中物理量场的变化的作用。

相变理论及磁性理论在解释珠光体 $\rightarrow$ 奥氏体转变时最大的分歧之一，是相变理论把这一过程完全归结为等温阶段，且只用相变来解释这一阶段；磁性理论也承认在若干情况下等温阶段是重要的，但它并不把整个过程归结为等温阶段，且等温阶段的存在完全与相变无关。根据磁性理论，这种关系只有在被加热钢的原始组织非常细小（碳钢索氏体）的个别情况下才能存在，且铁素体区域转变成奥氏体是由于居里点温度以下的扩散过程的结果。但即使在这一情况下，由相变所引起的曲折也不能用这一反应的吸热性质来解释，而是由于生成了顺磁性相（奥氏体），因而在感应圈——被加热物件系统中电磁场发生了剧烈变化的结果。

因此，有了高频淬火现代理论及工艺，在进一步对高频淬火进行实验研究及实践时，应该依据感应加热动力学磁性理论的原理。这就能使我们更正确更有根据地与普通淬火比较来解释感应加热时奥氏体生成过程发展的条件，冷却时奥氏体分解的特点，高频淬火时物理—力学性能的变化。

（叶锐曾译 章守华校阅）