

热 处 理 译 文 集

形 变 热 处 理

哈尔滨工业大学金属材料及热处理教研室编

本譯文集共選譯了21篇俄、英、捷、日文獻中的有關形變熱處理方面的文章。內容包括結構鋼、工具鋼、軸承鋼、面熱鋼與有色金屬等經形變熱處理後的組織、結構與性能的变化以及對形變熱處理強化機理的探討。

本譯文集可供工廠、研究單位從事金屬材料與熱處理工作的工程技術人員閱讀，也可供高等學校金屬熱處理專業的師生參考。

本譯文集的全部譯文分別經由廷儀和戚正鳳一同志校閱。

熱處理譯文集

形變熱處理

哈爾濱工業大學金屬材料及熱處理教研室編

*

機械工業圖書編輯部編輯（北京芳州胡同141號）

中國工業出版社出版（北京條溝閣路四10號）

北京書刊出版登記證：新字第110號

中國工業出版社第三印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*

開本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印張8·字數191,000

1965年10月北京第一版·1965年10月北京第一次印刷

印數0001—5,640·定價（社六）1.20元

*

統一書號：15165·3633（一機-714）

目 录

序言	1
形变热处理 (文献综述)	15
由变形强化奥氏体得到马氏体组织的钢的性能	28
使钢获得高强度的形变热处理	42
30XHMA及30XГCHA钢的强化	53
钢的形变热处理及其对精细结构与力学性能的影响	63
提高 CrNiMo 结构钢强度极限的形变热处理	70
奥氏体状态的塑性变形对合金结构钢性能的影响	82
低温形变热处理对钢的性能影响的研究	86
锻造淬火法	97
形变热处理对钢丝强度的影响	111
相变时位错结构的遗传性	115
加工硬化对钢的性能影响的“遗传性”	118
高速钢的形变热处理	130
形变热处理对P9、P9Φ5及P10K5Φ5钢的切削寿命及 韧性的影响	135
轴承钢的形变热处理	147
用形变化学热处理方法提高低碳钢的热强性	156
形变热处理对奥氏体钢热强性的影响	159
高温形变热处理对奥氏体型钢及合金精细结构的影响	168
高温形变热处理时产生的特殊组织状态对镍的热强性的影响	177
耐热材料在形变热处理过程中导电性及组织变化的若 干规律性	203
加工硬化对一种稀薄的镍合金蠕变及破断行为的影响	219
塑性变形合金的时效	227
冷作硬化对相组成不同的铝合金力学性能的影响	234
冷变形对人工时效铝合金高温性能的影响	240

序 言

近年来，关于对金属材料力学性能本质的研究证明，材料抗塑性变形及抗破断的能力取决于原子間結合力的 大小 及組織結構的状态。当合金的成分一定时，原子間結合力則基本固定，不因各种加工处理而产生显著变化，而合金的組織結構状态却可以因加工处理的不同而剧烈变化。对已知成分的合金而言，改善組織結構以提高强度的途径有二。第一种途径是减少、甚至完全消除金属晶体中的各种缺陷，恢复原子周期排列的規則性，以得到接近于理想晶体的結構，使实际金属的强度趋近于理論强度。第二种途径是利用形变强化（冷作硬化）或热处理（馬氏体型相变、时效）强化的方法增加缺陷密度，在原有的基础上继续破坏晶体結構的規則性，造成微观或亚微观的組織不均匀性，以增加抵抗外力作用的原子数目，即提高原子間結合力利用的“同时程度”。

将形变强化及热处理强化相結合的新工艺——形变热处理——在提高材料强度及热强性方面显示出了惊人的效果。为了探討关于这种强化方法的規律及机理，近年来对結構鋼、工具鋼、耐热鋼、鎳基合金及有色合金等材料开展了极广泛的研究。为了向讀者們介紹一些国外的有关形变热处理的情况，我們特編譯了这本文集。

根据不完整的統計，截至目前为止，关于形变热处理的文献已有300~400篇。在一本篇幅有限的譯文集中，不可能把所有有价值的論文全都收集进来，故本文集只选譯了其中編者认为比較重要的二十四篇文章。

有必要对形变热处理的名称和分类作一些說明。

在現有的文献資料中，形变热处理的名称十分杂乱，概念也极不統一。一般來說，在英文文献中把这种变形与热处理相結合

的强化工艺統称为“Thermomechanical treatment”，其中包括“Ausforming”、“Marworking”等；在俄文文献中則統称为“Термомеханическая обработка”；在中文文献中常直譯为“热机械处理”或“机械热处理”，但在这样的名称中，机械二字的含意很不确切，因此，我們认为：叫作“形变热处理”似乎更恰当一些。

形变热处理的类别极多，划分标准也极不一致。这里我們把現有的形变强化及形变热处理强化的各种方式进行了分类（見下表）。在表中各种处理方法的规范以及研究过的材料等已很清楚地列入，茲不贅述。需要指出的是，在表中第一类的第三种形变强化方法，即多边化强化，許多作者认为也是形变热处理的一种，但实际上，沒有时效强化作用的多边化处理，因为沒有与相变强化相結合，故应属于形变强化。伴随时效强化的多边化处理則应属于中温形变时效。应该說明，表中所列的各种形变强化及形变热处理强化方式，并不是一个完整的分类系統，而只是对現有的及可能的各种规范作了一个綜合，其中一定会有讀者們不同意，或认为不恰当的地方。随着整个形变热处理强化領域的科学研究及生产应用的发展，对这个表所列的各种规范将会得到不断地充实和修正。

下面分別介紹一下本文集的各篇文章，以供讀者閱讀本文集时参考。

本文集中，在結構钢形变热处理方面共收入了12篇文章。1～2是美国的兩篇总结，3～6是四篇有关形变热处理强化效果的文章，7与8着重探討形变热处理对韌性及回火脆性的影响，9是一篇日文的鍛后直接淬火的文章，10是鋼絲的形变热处理，11与12討論的是形变热处理中的极重要的两个問題，即增殖与遗传性。

第一篇文章是 A. D. Hopkins 等写的形变热处理的文献綜述。文章总结了英文文献中有关形变热处理的一些主要論文，概述了中温形变热处理的强化效果以及影响强化效果的一些主要因

类别	强化方法	强化处	理	范	已研究的材料	备	注
形变强化	单形变	退火状态	下变形 (冷作硬化)	可进行 (或不进行) 去应力回火	纯金属、奥氏体钢、钛合金		
	室温变形	等温转变	后冷拔 (铅浴处理)		结构钢丝	可继续进行数次	
	半热强化	中温	(低于再结晶温度) 下变形		铝合金、纯镍、纯铁、奥氏体钢	中温轧制属于此种方法	
形变强化	多边形	小量变形	(或予蠕变) 后长期退火 (或卸载保温)		奥氏体钢、镍合金、铝合金		
	形变淬火	稳定奥氏体	区域 (A_{c3} 以上) 变形, 淬火成马氏体, 然后回火		结构钢、马氏体钢、弹簧钢、工具钢、轴承钢		
	形变淬火	介稳奥氏体	区域 (A_{c3} 以下, 马氏体相变温度以上) 变形, 在变形中不形成 (或部分形成) 奥氏体分解产物, 变形后淬火成马氏体, 然后回火		结构钢、工具钢、马氏体钢、弹簧钢	变形可一次或分数次完成	
形变热处理	形变淬火	马氏体	区域内变形, 然后淬火并回火		结构钢		
	形变等温淬火	稳定奥氏体	区域变形, 然后等温淬火成各种组织		结构钢		
	形变等温淬火	介稳奥氏体	区域变形, 然后等温淬火成各种组织		结构钢		
形变热处理	形变化学热处理	以各种规范	变形后, 结合回火过程进行 (如渗氮)		低碳钢		
	形变化学热处理	高温	变形后直接进行液体化学热处理, 然后淬火并回火				
	形变化学热处理	固溶化后	淬火, 室温下变形, 然后时效		铝合金、奥氏体钢、钛合金	变形及时效可一次或分数次进行	
形变时效	形变时效	固溶化后	淬火, 在时效温度下变形, 然后去应力回火		奥氏体钢	亦称半热硬化	
	形变时效	固溶化后	淬火, 在时效温度下小量变形, 然后长期保温		奥氏体钢、镍合金	为多次强化与时效的联合处理	
	形变时效	固溶化后	温度 (或经冷淬) 变形后淬火, 然后时效		奥氏体钢、镍合金、钛合金		

素。文章較全面地总结了形变热处理的强化机理，这对于我們了解现有的观点很有帮助。

第二篇是美国福特汽車公司实验室V.F.Zackay等写的一篇工作总结。在美国，形变热处理的研究工作主要集中在两个地方。一个是美国钢铁公司，着重研究高温形变热处理；另一个就是福特汽車公司，着重研究高强度钢及模具钢的中温形变热处理。这篇文章所介绍的就是福特汽車公司近八年来工作的一些主要结果。文章中比較全面地介绍了影响形变热处理强化效果的各个因素，例如：奥氏体化温度、变形温度、变形量、变形前后的停留、含碳量、回火温度等等。另外，还介绍了形变热处理对低温性能以及疲劳性能等的影响。这些结果对于在生产上推广形变热处理工艺和正确制订形变热处理规范有着重要的参考意义。文章还介绍了形变热处理的变形方法和形变热处理的应用范围。文章指出，不論用何种方法进行变形，都能获得相同的强化效果。对于形变热处理的强化机理，文章沒有进行探討，只是提到馬氏体的細化不是形变热处理强化的原因。

第三篇是Я.М.Потак等写的“使钢获得高强度的形变热处理”。近年来，在苏联，結構钢的形变热处理已引起了广泛的兴趣。本文是苏联文献中有关結構钢形变热处理的較早的一篇文章。文章除了簡要地总结了各国有關結構钢形变热处理的工作外，还进一步肯定了形变热处理的强化效果。文章指出，形变热处理可以使含碳0.45%左右的高强度钢的 σ_b 从200公斤/毫米²提高到300公斤/毫米²，而 δ 則保持不变，或稍有升高。文章还研究了钢的含碳量、奥氏体化温度、变形温度、变形量等的影响。文章对形变热处理的强化机理进行了初步的探討。用低温弯曲試驗研究了形变热处理对脆断强度的影响；用金相分析及X射线結構分析的方法研究了形变热处理后的組織及精細結構。結果得出，形变热处理提高了钢的脆断强度，并使馬氏体細化，嵌鑲块碎化。Я.М.Потак等认为，組織的細化是形变热处理强化的原因之一，但如許多文章所提到的，对这一观点还有着許多不同的看法。

第四篇是С.И.Сахин等写的“30ХНМА及30ХГСА鋼的強化”。文章除进一步肯定了形变热处理的强化效果以及了解了变形温度、变形量、冷处理等对形变热处理强化效果的影响外，有意义的是还探讨了变形过程中的中间保温及中间加热再结晶对形变热处理强化效果的影响。结果发现，在奥氏体不发生分解的前提下，变形过程中的中间保温及中间加热（加热到 900°C ，保温30分钟后，冷至变形温度继续变形）虽使变形奥氏体发生软化，但并不影响最终的形变淬火强化效果。这就使得有可能在生产上用多次小量变形与中间加热再结晶相配合的形变热处理来获得一次大量变形所能获得的高强度，给生产带来了极大的方便，只是对现象的实质尚未进行探讨。

第五篇是А.П.Гуляев等写的“鋼的形变热处理及其对精细结构与力学性能的影响”。А.П.Гуляев曾先后在«Металловедение и термическая обработка металлов»上发表过几篇有关形变热处理的文章，本文即Гуляев将过去的几篇综合而成的在最近发表的一篇文章。Гуляев等用Cr-Ni-Mo鋼研究了高温及中温形变热处理，验证了一些已知的现象，并发现高温形变热处理的变形量不大时，强度和塑性都有反常的变化，Гуляев认为这是由于残余奥氏体量的变化而引起的。

过去，一般认为，变形量不大时，有可能使奥氏体激化；变形量较大时，将使奥氏体产生机械陈化稳定，而使奥氏体在以后的冷却过程中不易转变为马氏体，因而使残余奥氏体量增加。变形量愈大，残余奥氏体量也愈多。但有意思的是，在研究形变热处理时发现，当变形量足够大时，又使奥氏体变得不稳定，易于在冷却时转变为马氏体，而减少淬火后的残余奥氏体量。亦即随着变形量的增加，残余奥氏体量先增后减。

А.П.Гуляев对此现象用X射线结构分析方法进行了研究，根据实验结果，他认为变形量足够大时，在变形的过程中，有碳从奥氏体中析出，因而降低了奥氏体的含碳量，使奥氏体在冷却时易于转变为马氏体。显然，残余奥氏体量的变化对形变热处理

后的强度及塑性必然有着重要的影响。

A. П. Гуляев 等还得出，在变形后的冷却过程中，若有非馬氏体組織形成，則使形变淬火后的性能显著变坏。

但是，与普通等溫淬火相比，形变等溫淬火是否仍有一定的优越性以及由于出現非馬氏体組織而損失的强度是否有可能通过再次淬火而使之重現等問題，看来也都是值得进一步探討的。哈尔滨工业大学在这些方面已进行了一些工作，并得出了初步結果。

第六篇是捷克的 L. Hyspecká 等写的“提高 Cr-Ni-Mo 結構鋼强度极限的形变热处理”。就文章本身內容而言，没有什么太突出的地方。但因有关形变热处理的捷文文章比較少，故我們仍将 1963 年才发表的这篇文章譯出，以便讀者們多少能了解一些捷克的有关这方面的工作。

本文除肯定了高溫及中溫形变热处理能改善 Cr-Ni-Mo 鋼的强度与塑性外，还将所得的結果与 A. П. Гуляев、Я. М. Потак 以及 С. И. Сахин 等所得的結果（見本文集）进行了比較。

L. Hyspecká 等认为形变热处理使我們有可能充分利用由化学成分所决定的鋼的最大强度。

第七篇是 E. H. Соколов 等写的“奥氏体状态的塑性变形对合金結構鋼性能的影响”。苏联烏拉尔学派的 E. H. Соколов、B. Д. Садовский 等曾系統地研究了高溫变形对結構鋼的回火脆性的影响，并先后发表过十多篇論文。他們的工作表明，高溫形变热处理不仅可以提高室溫下的冲击韌性，而且还可以显著降低对回火脆性的敏感性。他們认为，高溫形变热处理的这一有益影响与高溫变形时所造成的特殊锯齿状晶界有关。由于形成了锯齿状晶界，提高了原奥氏体晶界的强度，因而使破断不沿晶界发生，使室溫下的冲击韌性提高，回火脆性减弱。

为了证实这一看法，E. H. Соколов 等在本文中用低溫拉伸試驗以及金相分析方法对回火脆性的敏感性极大的 Cr-Mn-Si

鋼進行了研究。結果證實，高溫形變熱處理確實提高了奧氏體晶界的脆斷強度，因而改善了鋼的性能。

第八篇是В. Д. Садовский 等寫的“低溫形變熱處理對鋼的性能影響的研究”。如前所述，В. Д. Садовский 及 Е. Н. Соколов 等多年來曾系統地研究了高溫變形對韌性及回火脆性的影響，並得出了肯定的結論。

在本文中，作者肯定了中溫形變熱處理的強化效果，並得出，與高溫形變熱處理不同，中溫形變熱處理雖不使沖擊韌性變壞，但也不能減弱與防止回火脆性的發展。

為了既獲得高的強度而同時又能減弱回火脆性的發展，作者提出了高中溫形變熱處理的綜合處理方法。即在高溫變形後，冷至中溫，在中溫繼續變形，最後進行淬火。用高溫變形來減弱和防止回火脆性的發展，用中溫變形來提高強度。作者的試驗結果證實了這一看法。雖然高中溫綜合處理方法在生產上比較難於實現，但是，В. Д. Садовский 等的工作對於我們探求新的形變熱處理方法還是很有啟發的。

第九篇是日本前田久義寫的“鍛造淬火法”。所謂鍛造淬火就是在模鍛以後直接進行淬火。按其實質而言，也就是高溫形變熱處理。結果表明，模鍛以後直接淬火，不僅可以簡化工序，而且可以改善顯微組織和提高力學性能，因而使我們有可能用一般的碳鋼來代替昂貴的合金鋼。文章的主要特點是介紹了用此法生產汽車零件的實際效果，因此對生產很有參考意義。文章還對鍛造淬火法的實質進行了一些討論，但是，看來有許多問題還有待進一步探討。

應該指出的是，鍛造後直接淬火在我們國已不是什麼新的問題，早就在生產中得到應用了。當然，過去採用鍛造後直接淬火只是為了簡化工序，而很少考慮鍛後直接淬火是否有可能比普通淬火獲得更好的性能的問題。但是，自從形變熱處理被提出後，就為鍛後直接淬火帶來了新的內容和新的生命力。

第十篇是 В. Я. Зубов 等寫的“形變熱處理對鋼絲強度的影

响”。从前面对几篇文章的介绍中可以看到,为了在变形时及变形后的冷却过程中不出现非马氏体组织,通常认为只有合金元素含量较高、奥氏体较稳定的钢才能进行中温形变热处理。而 В. Я. Зубов 等却用拔丝变形研究了普通碳钢与合金钢的中温形变热处理问题。В. Я. Зубов 曾先后发表了几篇有关这一问题的论文,我们挑选了其中较有代表性的一篇。作者用 У 7、У 10、ЭИ 142 等钢丝进行的研究结果表明,对过冷奥氏体在 $320\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行拔丝变形,可以显著提高强度。天津大学的苏德达同志(本文译者)用类似的方法对弹簧钢丝进行的形变热处理也得到了一些有意义的结果。看来,这样一种形变热处理方法对细的弹簧钢丝来说,很有发展前途,估计在不久的将来,很有取代铅浴处理的可能。

第十一篇是 Л. И. Миркин 写的“相变时位错结构的遗传性”。形变热处理中的一个重要问题是变形奥氏体中的缺陷在淬火时如何转移到马氏体中去而提高淬火(包括回火后)组织的硬度与强度。Л. И. Миркин 的工作表明,淬火马氏体中的缺陷密度决定于奥氏体中的缺陷密度,二者之间有很好的对应关系。不仅如此,作者还得出马氏体中的缺陷密度远比奥氏体中的缺陷密度高,据此,作者认为,如果相变时的体积效应比较显著,而且转变以极快速度进行,则高温相中原有的位错将成为位错源,在相变应力的作用下将不断产生新的位错而使转变所得的低温相有着高得多的缺陷密度,这一现象被称为形变热处理时位错的增殖。

第十二篇是 М. Л. Бернштейн 等写的“加工硬化对钢的性能影响的遗传性”。形变热处理应用于生产的主要障碍之一,是经过形变热处理后不能用一般方法来进行机械加工。但是,自从形变热处理强化效果可以遗传这样一个现象发现以后,看来机械加工问题就不难解决了。所谓遗传现象指的是形变淬火的强化效果经过高温回火及二次淬火后能够得到再现。经过高温回火后,硬度已不很高,完全可以用一般方法进行机械加工。加工成形后,再进行一次淬火,就又可以获得变形后直接淬火所得到的性能。

这样就解决了形变热处理后的机械加工問題。

作者还得出，退火状态的钢在室温下变形，然后进行淬火，也可以获得比普通淬火較高的性能，亦即形变强化效果经过 $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ 转变后仍能保留下来。

文章对遗传的机理进行了探討，并用“位錯结构”与“析出结构”的概念进行了定性的解释。

哈尔滨工业大学在这方面也曾进行过一定的工作，并得出了不少有意义的結論。例如奥氏体经过变形后，不論轉变成甚么組織（如馬氏体、貝茵体或珠光体），经过再次淬火后，都能获得变形后直接淬火所能达到的性能。

有必要指出，对于遗传性这样一个极重要的問題，截至目前，研究得还很不够。例如变形规范、高溫回火及二次淬火等的规范以及钢料的化学成分等对遗传效果的影响，目前尚未完全弄清，这些都有待于进一步探討。

工具钢形变热处理方面的工作截至目前还进行得很少，本文集选譯了两篇（本文集第十三及十四篇）。一篇是 R.F. Harvey 写的“高速钢的形变热处理”，虽然内容比較简单，但还精练。R.F. Harvey 的工作表明，高速钢经中温形变淬火后，可以使硬度提高几个 R_c ，并使淬火組織显著細化。Harvey 工作的缺点是沒有切削性能試驗的結果。另一篇是 M.M. Штейнберг 等写的“形变热处理对 P9、P9 Φ 5 及 P10K5 Φ 5 钢的切削寿命及韧性的影响”。作者的工作比較全面，用三种高速钢研究了高溫及中温形变热处理对切削寿命、韧性以及残余奥氏体量等的影响。作者的工作表明，形变热处理只能提高 P9 钢的切削寿命，对 P9 Φ 5 及 P10K5 Φ 5 钢則无效，而且，对 P9 钢而言，当变形量为 15% 时所得效果最佳，这是与結構钢形变热处理不同的地方。

軸承钢形变热处理方面的工作做得也不多，这里选譯了一篇（本文集第十五篇）M.Л. Бернштейн 等写的“軸承钢的形变热处理”。从内容来看，作者的主要目的是用軸承钢来探討遗传性問題，而不是研究軸承钢本身的形变热处理問題。但工作結果

表明，軸承鋼經形變熱處理後強度也能顯著提高，而且，形變熱處理的強化效果也能遺傳。

目前，關於形變強化與化學熱處理相結合的工藝研究得極少。本文集中列入的、也是唯一的一篇文章（第十六篇），是И.А. Одинг等寫的“用形變化學熱處理方法提高低碳鋼的熱強性”。本文的目的雖然只是企圖用小量變形在低碳鋼中造成一定數量的位錯、然後滲氮、形成柯氏氣團的方法以提高熱強性，但卻給形變熱處理提出了一個新的方向。可以設想，如果用形變熱處理的方法使零件強化；同時由於造成了大量缺陷，加快了擴散過程，使化學熱處理能在較低溫度、較短時間內進行，這樣，便可得到心部高度強化、表層抗磨性極為良好的優質零件。譬如，採用鍛造後直接淬火（即高溫形變熱處理），然後將回火與滲氮工藝結合起來一次進行，除了能夠達到上述零件心部及表層的強化外，還使工藝過程大為縮短。利用形變熱處理強化效果的遺傳性，估計還可以将二次淬火與滲碳工藝結合起來。此外，按照同樣的道理，還可在形變熱處理之後進行零件表層的高頻淬火。

在耐熱鋼及合金的形變熱處理方面，目前，以蘇聯進行的工作最多（包括奧氏體鋼及鎳、鉬等合金）；英美則很少；日本也曾對馬氏體耐熱鋼進行過形變熱處理的研究，但有關熱強性方面却報導得極少；國內在奧氏體鋼方面最早發表的工作要算是朱日彰等對ЭИ395進行的形變時效的研究（《金屬學報》，1960年第6卷第1期），而在馬氏體鋼方面則是雷廷權等關於在2Cr13高溫形變熱處理方面做的工作（《金屬學問題》，第二集，哈爾濱工業大學，1963，25）。關於高溫合金的形變熱處理強化，我們曾發表過一篇總結性論文（國外金属材料，1964年第11期）。本文集在這方面收入了共六篇文章（第十七至廿二篇）。

第十七篇是В.Д. Садовский等寫的“形變熱處理對奧氏體鋼熱強性的影響”。本文採用了高溫軋制後水淬，然後時效的處理規範，使鋼在650~900°C間的持久強度得到顯著提高。文中指

出，在1000~1100°C以9.7米/分的速度軋制变形25~30%时，产生了锯齿状的奥氏体晶界，使高温試驗时沿晶界发展的裂紋受到阻止，作者认为，这是强化的重要原因之一。

形变热处理对精細結構的影响在提高合金短期热强性方面必然会有巨大的作用。第十八篇是М.Г.Лозинский等写的“高温形变热处理对奥氏体型钢及合金精細結構的影响”，文中对鉻鎳錳型奥氏体钢形变热处理后的組織結構进行了較全面的研究。结果表明，高温形变热处理促使强化相較充分地析出，并較均匀地分布，嵌鑲块尺寸細化，而且还形成了织构。

在第十九篇，М.Г.Лозинский的論文“高温形变热处理时产生的特殊組織状态对鎳的热强性的影响”中，首先对各种形变热处理规范提出了分类的建議，并指出了各种处理的优缺点，对了解現有各种形变热处理工艺有一定帮助。但应指出，本文所提出的分类原則不尽合理，所包括的规范也不够全面。本文的第二部分给出了在不同溫度（900~600°C）下的形变热处理对純鎳在室温、400及600°C的强度与热强性的影响。文中詳細地研究了变形规范对显微組織的影响，并且以高温金相分析方法得出了在試样某个固定地点的显微組織在持久試驗中的变化。最后，作者还研究了变形溫度与精細結構之間的关系。值得注意的是，文中用金相图片說明了锯齿状晶界的形成与晶内滑移的关系，这对了解锯齿状晶界的形成过程及所需的条件能有所帮助。

以小量变形的形式在金属中造成位錯，并以适当规范的退火使位錯堆砌成墙的多边化处理，在提高材料热强性方面也引起了极大的重視。看来，这种处理是提高純金属或固溶体等无时效强化以及时效强化效果不大的材料热强性的极有前途的方法。本文集的第廿篇、即И.А.Одинг等写的“耐热材料在形变热处理过程中导电性及組織变化的若干規律性”一文，对多边化强化的效果及其机理作了深刻的分析。文中指出，当金属在多边化过程中形成一定的亚組織时，导电性达最小值，与此相对应，热强性最高。亚組織的位錯边界由于杂质原子的釘扎而得到强化。而当有

时效作用时，弥散相的析出造成位错运动的附加障碍，使热强性得到进一步的提高，在电导率与变形量的关系曲线上出现第二次的最小值。采用小量变形然后退火的处理工艺以得到提高金属蠕变抗力的效果，在哈尔滨工业大学姚枚等的工作（待发表）中也得到了证实。

在P.W.Davis等的工作（本文集第廿一篇）中，研究了0~25%的拉伸变形对一种稀薄的镍合金（镍+金0.1%）500°C下蠕变及破断行为的影响。结果表明，在不发生再结晶的前提下，当预变形量超过退火合金蠕变曲线上的起始变形量时，蠕变抗力及持久时间均可得到提高。

第廿二篇，С.З.Бокштейн等写的“塑性变形合金的时效”一文指出，由于强化相质点的细化及固溶体较充分的分解，塑性变形及随后的时效使镍基合金（ХН77ГЮР）及钛合金（BT3-1）的力学性能得到显著的提高。但由于元素扩散速度的加快，故这种强化方法在较高温度下的使用受到了限制。应该指出，提高合金热强性的概念有两个方面：第一，是提高在使用温度下能够负担的应力大小（或在同样应力下延长持久时间）；第二，是提高合金能够使用的工作温度。一般说来，可以通过提高原子间结合力及改善组织结构这两个途径来提高热强性。但是，形变热处理就其实质而言，只是通过改善组织结构来提高强度或热强性，此时，原子间结合力没有变化。而且，由于形变热处理造成了较多的缺陷，原子扩散过程加剧，因而在以扩散范性为主导的高温持久工作条件下，合金的热强性必然会因形变热处理而变坏。因此，在提高合金热强性方面，形变热处理只适用于以滑移范性为主导的工作条件（温度较低，时间较短，应力较大）。

在有色金属及合金（尤其是轻合金）的领域内，形变热处理的研究远远少于单纯的冷作硬化。按这类合金的组织来说，均属于固溶体或时效合金的范畴，因而其形变热处理的应用和奥氏体钢的极为接近。其实，在过去的某些有色金属合金的生产中，实际上已经采用了形变热处理工艺。例如，作为高压输电用的铝镁硅型

合金絲材，就应用95%的冷拔及随后160°C 八小时的时效处理，以得到高强度及高导电性的綜合效果（見許守廉“Al-Mg-Si合金形变时效强化本质的研究”，《金属学問題》，第一集，哈尔滨工业大学，1962，1）。但是，有意识地研究各种有色合金形变热处理强化的可能性及强化机理还是近年来才开始的。看来，在应用形变热处理以提高有色合金的强度及热强性方面，一定会有广闊的前途。

由于篇幅所限，本文集在有色合金的形变热处理强化方面仅选譯了两篇文章。其中一篇是关于提高室温性能的，另一篇是关于提高高温性能的。

在第廿三篇，И.Н.Фридляндер等写的“冷作硬化对于相組成不同的鋁合金力学性能的影响”一文中，討論了D16、AK4-1、AK 8及D20合金在新淬火状态及24小时自然时效后进行不同变形量（0~25%）的冷鍛，然后按正規时效规范进行人工时效后，室温力学性能与变形量之間的关系。作者证明，淬火与人工时效之間冷鍛能够提高这几种合金的强度。但因合金中强化相及基底的組成不同，强化程度的差别很大。

第廿四篇是З.А.Свидерская等写的“冷变形对人工时效鋁合金高温性能的影响”。文中研究了鋁銅、鋁銅鎂及鋁鎂硅合金在淬火及时效間10%的冷变形对不同溫度（<300°C）下的瞬时强度、150~300°C間的持久强度以及150~250°C下加热不同時間后的室温强度的影响。試驗結果表明，冷变形能显著提高这几种合金在不同溫度下的瞬时强度及在不同溫度、不同時間加热后的室温强度，但对持久强度却无明显的影响。应该指出，本工作的缺点是所用的变形量只有一种，因而所得的关于冷变形对持久强度无提高作用的結果是有极大的局限性的。可以預料，冷变形所造成的大量位錯需要有足够数量的强化相质点来加以釘扎，方能有效地提高合金在一定条件下的热强性。也就是說，在保证提高热强性的变形量与强化相数量之間存在着一定的配比关系。因而对于强化相数量一定的已知合金，需要进行不同变形量（以

及变形溫度)的較广泛的研究,才能得出正确的結論。

关于譯文中的几个名詞,这里附帶說明一下:一个是“变形”与“形变”,在許多文章中,这两个名詞经常混用,为了統一起見,在本文集中,除“形变热处理”、“形变时效”等仍采用“形变”外,在其它情况下不論是作为名詞、动詞,还是形容詞,均統一采用“变形”,如“变形量”、“变形溫度”等。另外,在苏联文献中,常把 500°C 左右的形变热处理称为低溫形变热处理(HTMO),在譯文中,我們按原文仍譯为低溫形变热处理。但按我們所建議的分类, 500°C 左右的形变热处理应称为中溫形变热处理。在本前言中介绍各篇文章的內容时,为与所建議的分类中之名詞相符合,已将譯文中的低溫形变热处理按建議的分类改为中溫形变热处理,敬希讀者們注意。

由于編者水平及譯者能力所限,本文集所选的論文不一定是最合适的,翻譯的质量也是不够高的,希望讀者提出批評指正。

戚正风 雷廷权