

系, 研究耐热合金 (特别是采用 X 射线结构分析方法) 具有特殊的困难。因此甚至采用金属 X 射线结构分析中有效的粉末法, 在一系列情况下也得不到希望的结果。特别是采用发生拍照衍射现象的时候。使用专门的脉冲记录式 X 射线结构分析和 (УРС-50-И) 可以大大地扩展上述方法研究耐热合金的可能性。所以不能够把耐热合金的 X 射线研究问题看为与该研究所用方法和设备无关。正确地选择 X 射线结构分析的方法及最新设备, 和其他的研究工作范畴中一样, 不仅可以节约时间和研究者的精力, 同时也可以物质结构及其性能的认识方面开辟一条新的、更广阔的道路。

作者衷心地感谢李繼堯教授及張国煥同志, 他們参与了手稿的討論并提出了一系列宝贵的意見。

(郝应其譯)

参考文献

- [1] Г. В. Курдюмов, Л. И. Лысак. Ж. Т. Ф. №9. 1947 г.
- [2] Ю. А. Скаков, И. Н. Черникова А. В. Шаршаткина А. А. Н. 1958. 118. №2
- [3] Л. С. Мороз "Тонкая структура и прочность стали." Металлургиздат. 1957.
- [4] Л. И. Лысак, Л. Г. Хандрос. Вопросы физики металлов и металловедения А Н. СССР. №4. 1953 г.
- [5] Г. В. Курдюмов, В. К. Крицкая, В. А. Ильина, Л. И. Лысак "Известия А Н. СССР." Серия физ. Т. XVII, №3. 1953 г.
- [6] А. А. Бочвар. Металловедение, 1956 г.
- [7] Я. С. Уманский, Б. Н. Финкельштейн, М. Е. Блантер., Н. С. Фастов, С. С. Горелик, С. Т. Кишкин, Физическое металловедение. 1955.
- [8] Ф. Ф. Химушин, Е. Ф. Трусова, М. И. Гаврилюк.
- [9] В. А. Ильина, В. К. Крицкая, Г. В. Курдюмов,

- проблемы физики металлов и металловедения. 1951. №2. ЦНИИЧМ.
- [10] В. К. Крицкая, Г. В. Курдюмов, Т. И. Стеллецкая Д. А. Н. 1954.
- [11] Г. В. Курдюмов, В. К. Крицкая Н. М. Нодия Проблемы металлургии А. Н. СССР. 1953.
- [12] В. А. Ильина, В. К. Крицкая Проблемы физики металлов и металловедения №4 1955 г. ЦНИИЧМ
- [13] Х. А. Путилов. Курс физики. Т. 1. 1954 г.
- [14] Р. Джеймс. Оптические принципы дифракции рентгеновских лучей. 1950 г.
- [15] Г. В. Курдюмов, Н. Т. Травина Проблемы физики металлов и металловедения №4 1955 г. ЦНИИЧМ.
- [16] В. А. Ильина, В. К. Крицкая Проблемы физики металлов и металловедения №4. 1955 г. ЦНИИЧМ
- [17] Я. С. Уманский Д. М. Златоустовский металловедение и обработка металлов №3. 1958 г.
- [18] В. А. Ильина, В. К. Крицкая Г. В. Курдюмов, Ю. А. Осеньян Т. И. Стеллецкая проблемы физики металлов и металловедения №5. 1958 г. ЦНИИЧМ.
- [19] Б. М. Ровинский Ж. Т. Ф. №1. 1952 г.
- [20] В. А. Ильина, Э. З. Каминский В. К. Крицкая, Р. И. Энтни Проблемы физики металлов и металловедения №3. 1952 г. ЦНИИЧМ
- [21] С. З. Бахштейн, С. Т. Кишкин Д. А. Н. 53. 1947.
- [22] В. А. Ильина, В. К. Крицкая Г. В. Курдюмов. Проблемы физики металлов и металловедения №3. 1952. ЦНИИЧМ.
- [23] М. И. Захаров Д. А. Н. 70. 1955 г. 55.
- [24] Ю. А. Багарицкий Д. А. Н. 77. 45. 1951 г. 77, 261. 1951 г.
- [25] Ю. А. Багарицкий. Ж. Т. Ф. 20. 1950 г.
- [26] А. П. Гуляев металловедение. 1951 г.
- [27] А. М. Егистратов известия. АН. Серия. физ. 15. 1951 г.
- [28] С. Д. Финкельштейн Т. Ю. Голодштейн Д. А. Н. 88, 669, 1953 г.
- [29] В. Г. Лифшиц физические свойства металлов II сплавов. 1956 г.

塑性变形对 ЭИ437 合金耐热性能的影响

发动机上的各组合件工作的可靠性和持久性, 在很大程度上取决于零件在制造或使用过程中所产生的塑性变形。

机械加工时, 通常要产生加工硬化, 其特点是具有一定的深度及残余应力, 同时并改变

零件表层的物理机械性能。

表 1 系 ЭИ 437 合金在各种加工规范下, 产生的加工硬化的特点。

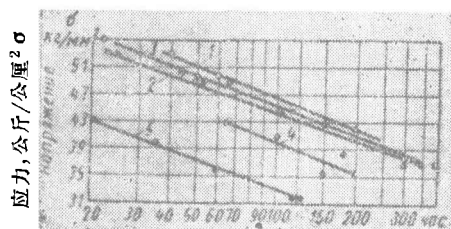
研究结果证明, 加工硬化显著地降低 ЭИ 437 合金的高温持久强度和疲劳强度。

加工种类	加工硬化深度 MK	加工硬化 程度, %	残余应力量 公斤/公厘 ²
精車	128	45	50
精磨	65	48	—
拋光	38	40	50

注: 残余应力为拉应力。

圖 1 是各种机械加工方法所造成的表面加工硬化, 对合金在700°C下的持久强度的影响。

評定强度时, 不仅需要考慮初次塑性变形的影响, 而且还应注意高温蠕变过程中材料产生的輕微冷作硬化。



至断裂的时间

圖 1 各种机械加工方法造成的加工硬化, 对 EI 437 合金在700°C下的持久强度極限的影响。

1—研磨后拋光; 2—車削后拋光; 3—研磨;
4—噴珠; 5—滾刀加工。

本題的研究目的是研究 EI 437 合金 初次塑性变形后的性能及确定在 500、700 和800°C 下的断裂机构。

研究方法及結果

在进行研究工作过程中, 采用的各种试样是用 EI 437合金制造的。这些试样在800°C下进行过 8 小时的均匀化处理, 此后在 700°C下时效16小时。试样经过拉伸, 目的在于使其产生 2~25% 范围内的相对延伸。为了探討初次塑性变形对合金組織与性能的影响, 试样作过持久强度試驗。

圖 2 所載数据表明初次冷变形对材料在 700和800°C下工作持久强度的影响。使试样产生較小的总变形, 就是能使其断裂前的工作时间减少数倍。但是, 不应不考慮試驗溫度而單純作出初次塑性变形对所有材料均产生不良影响の結論。已得到的数据証明: 某些固溶体的

純金屬和合金經初次冷变形后, 在一定的条件下, 本身的耐热性能会增高。这显然与抗蠕变阻力的提高有关, 抗蠕变阻力的提高是因为合金晶粒細化及变形后晶粒間不定方位角增加。

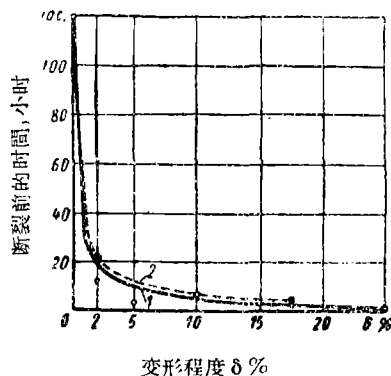


圖 2 初次变形对 EI 437 合金持久强度的影响。

1—溫度700°C, 应力36公斤/公厘²;
2—溫度800°C, 应力16公斤/公厘²。

彌散硬化的耐热合金 EI 650的試驗証明: 初次塑性变形显著地影响其在 700°C和 800°C 下的持久强度, 与 EI 437合金基本相同。

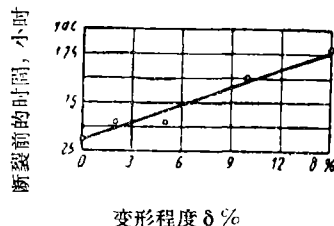


圖 3 初次变形对 EI 437 合金工作時間 (溫度 500°, 应力 80 公斤/公厘²) 的影响。

降低試驗溫度会显著地改变 EI 437 合金在負荷下的性能。在500°C下試驗时, 初次加工硬化能大大地增加試样的工作时间 (圖 3)。

圖 4 的曲綫表明 EI 437 合金的 抗塑性变形阻力 (σ_b 及 S_k) 經变形 (10%) 及 700°C 时效后的变化。

瞬时試驗所得結果中 σ_b 及 S_k 的数值証明, 經上述处理后的合金的塑性变形阻力, 不比原材料低。但是, 这些试样在長時間加荷及 700 和 800°C 下, 产生断裂的速度超过抗塑性变形阻力低的试样 (圖 5), 并无显著的残余变形。

显然, 虽然抗塑性变形阻力增加, 但抗断

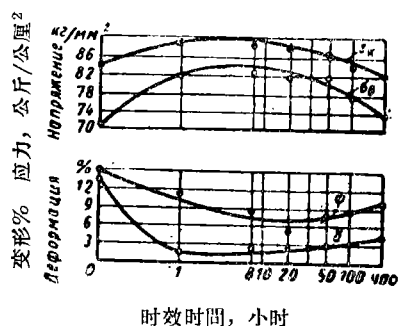


圖4 初次變形(700°C, $\delta=10\%$)及時效($t_{\text{時效}}=700^\circ\text{C}$)對ЭИ 437 合金機械性能的影響。

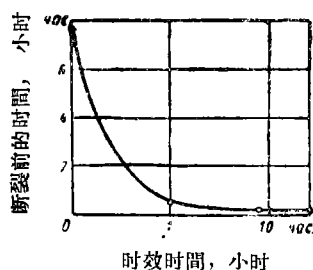


圖5 時效時間(變形後)對ЭИ 437 合金工作時間(700°C, 應力36公斤/公厘²)的影響。 $\delta=10\%$, $t_{\text{時效}}=700^\circ\text{C}$ 。

裂的阻力在高溫度及長時間加荷下則大大的降低。

現已發現的現象證明：斷裂是從沿晶界出現裂紋時開始的。發現晶界的強度比晶粒本身低。也就是說，在這些組織部位中可以觀察到較低的抗斷裂阻力。

所進行的塑性變形可以加速降低抗晶界斷裂阻力的過程。故在持久強度試驗時，試樣斷裂前的工作時間就大大地減少。

大家都知道，在各組織部分中塑性變形是不均勻的，晶界處較為劇烈。塑性變形的這種局限性，在高溫下仍然保持着。

上述現象證明：由於變形及隨後之700°C時效，在晶界處大量析出強化相和雙晶(圖6)。因之，可以這樣假設，在變形較高的組織部分處所析出的相，會導致抗斷裂阻力局部降低。由

圖7可清楚的看出，時效過程會使晶界處劇烈地析出強化相，同時發現此處的显微硬度也比晶粒內部高。



圖6 變形和時效後晶界和雙晶處的析出相。

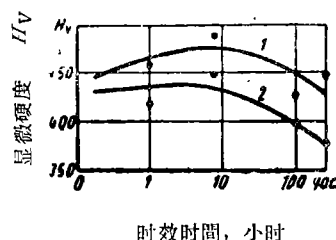


圖7 時效時間對晶界(1)和晶體(2)的影響。 $\delta=10\%$; $t_{\text{時效}}=700^\circ\text{C}$ 。

結 論

1. 塑性變形顯著地影響瀰散硬化合金ЭИ 437工作時間的長短，同時並劇烈地降低其在700和800°C下的工作時間。

2. 塑性變形的影響與作為瀰散硬化基礎的及降低抗斷裂阻力的擴散過程的加快有關。

在擴散過程不顯著加速的低溫時，主要的因素是金屬的晶粒細化為嵌鑲塊。

3. 溫度較高時，在瀰散硬化的金屬中可以發現抗斷裂阻力顯著降低。這種現象在長時間工作的材料之靠近於經常產生斷裂的晶界和雙晶處，可以清楚地看到。

李云盛譯自“金相學與金屬加工”1958年
第6期 朱之槩校