



晶间湍型位错对多晶体硬化公式的推导

罗本铸

设想有一晶体，内部有均匀排列的晶间位错(其位错密度为 $D^{-1/2}$ ， D 为位错间距)。已知单位面积的晶间能量为

$$E = \frac{\mu b}{4\pi(1-\nu)} \frac{b}{D} \left(A - \lg \frac{b}{D} \right) \quad (1)$$

式中 μ 为切变弹性模量， ν 为泊松比， b 为柏格斯矢量， $A = 1 + \lg(b/2\pi r_0)$ ， r_0 为包围位错的小圆半径。

若在距离这列晶间位错 L 远处，有一障碍位错线 P ，在外应力 σ 作用下，这列位错乃是弗朗克-瑞德位错源，在障碍 P 前形成 n 个位错塞积的塞积群。当外应力达到某一值时，位错将越过障碍而产生割阶。此时单个位错应做的功是 $\sigma l b^2$ (l 为位错线长)。单位面积做的功为 σb 。因此割阶实现必须满足

$$\sigma b \geq \frac{\mu b}{4\pi(1-\nu)} \frac{b}{D} \left(A - \lg \frac{b}{D} \right),$$

外应力至少应为

$$\sigma = \frac{\mu}{4\pi(1-\nu)} \frac{b}{D} \left(A - \lg \frac{b}{D} \right). \quad (2)$$

由莫特湍型位错理论，塞积群相当于强度为 nb 的大位错，故应力为

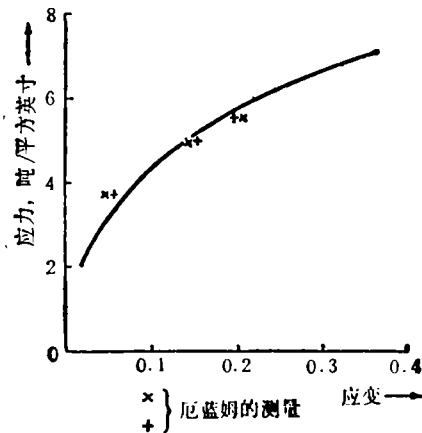
$$\sigma = \frac{\mu}{4\pi(1-\nu)} \frac{nb}{D} \left(A - \lg \frac{nb}{D} \right).$$

注意到应变为 $\varepsilon = nbL/D^2$ ，且 $n = 2\pi L/l$ 代入上式得到多晶体的硬化公式为

$$\sigma = \frac{\mu}{2(1-\nu)} \sqrt{\frac{b\varepsilon}{2\pi l}} \left(A - \frac{1}{2} \lg \frac{2\pi\varepsilon b}{l} \right). \quad (3)$$

对铝的典型值： $\mu \approx 2.65 \times 10^2 \text{kg/mm}^2$ ， $\nu \approx 0.34$ ， $b = 2.5 \times 10^{-8} \text{cm}$ ， $A \approx 0.2$ (Dunn 和 Chalmers 选用数据)， $l \approx 1.64 \times 10^{-4} \text{cm}$ 。所得多晶铝的硬化曲线很好地符合实验值(见图)。

此文写于1965年，改于1978年。



多晶铝的硬化曲线

(1978年10月16日收到)

纵场边值线性无力场解的唯一性

胡文瑞 (中国科学院力学研究所)

无作用力磁场在天体物理中有广泛的应用。用磁面函数讨论线性无力场，若无力因子 α 不等于本征值，给定纵场边值时有唯一的本征值解^[1]。文献[2]中用格林函数分析线性无力场时认为，纵场边值不能唯一确定问题的解。本文对此进行分析和讨论。

无力场要求洛伦兹力为零，一般表示为

$$\nabla \times \vec{B} = \alpha \vec{B}. \quad (1)$$

线性无力场的 α 为常数。考虑到磁场无源，对式(1)取旋度就得到一个矢量的亥姆霍兹方程：

$$\Delta \vec{B} + \alpha^2 \vec{B} = 0. \quad (2)$$

可以将求式(2)的解化为求标量场的亥姆霍兹方程^[3]：

$$\Delta \psi + \alpha^2 \psi = 0. \quad (3)$$

式(3)的解与式(1)解之间的关系为

$$\vec{B} = \nabla \times (\psi \vec{a}) + \vec{a} \nabla \times (\psi \vec{a}), \quad (4)$$

其中 \vec{a} 为常矢量。在式(4)中略去了一个势场解 $\nabla \psi$ 。具体讨论柱坐标 (r, θ, z) ，并取轴向单位矢量 $\vec{e}_z = \vec{a}$ 。不难得到式(3)的通解为

$$\psi(r, \theta, z) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} e^{im\theta} \left\{ \int_{\alpha}^{\infty} \left[A_m(k) \exp(-\sqrt{k^2 - \alpha^2}z) + B_m(k) \exp(\sqrt{k^2 - \alpha^2}z) \right] J_m(kr) dk + \int_{\alpha}^{\infty} \left[C_m(k) \sin(\sqrt{\alpha^2 - k^2}z) + D_m(k) \cos(\sqrt{\alpha^2 - k^2}z) \right] J_m(kr) dk \right\}. \quad (5)$$

讨论 $z=0, L$ 处的纵场 B_z 的边值, 将它们展开为

$$\begin{cases} B_z(r, \theta, 0) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} e^{im\theta} \int_0^{\infty} f_m(k) J_m(kr) dk, \\ B_z(r, \theta, L) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} e^{im\theta} \int_0^{\infty} g_m(k) J_m(kr) dk, \end{cases} \quad (6)$$

$$(7)$$

利用 $B_z = \left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} + \alpha^2 \right) \psi$, 就可以由纵场边值唯一地确定式(5)中的待定系数 $A_m(k), B_m(k), C_m(k), D_m(k)$, 得到

$$\psi(r, \theta, z) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} e^{im\theta} \left\{ \int_{\alpha}^{\infty} \frac{f_m \operatorname{sh}[\sqrt{k^2 - \alpha^2}(L-z)] + g_m \operatorname{sh}(\sqrt{k^2 - \alpha^2}z)}{\operatorname{sh}(\sqrt{k^2 - \alpha^2}L)} \cdot \frac{J_m(kr)}{k^2} dk + \int_0^{\alpha} \frac{f_m \sin[\sqrt{\alpha^2 - k^2}(L-z)] + g_m \sin(\sqrt{\alpha^2 - k^2}z)}{\sin(\sqrt{\alpha^2 - k^2}L)} \cdot \frac{J_m(kr)}{k^2} dk \right\}. \quad (8)$$

若将 f_m, g_m 的亨克变换关系代入式(8), 可得到含边值为源项的格林函数表达式。可以看出, 指定纵场 B_z 边值后, 线性无力场的解被唯一确定。解式(8)与平面问题解(文献[4])有类似的形式。

文献[2]中讨论的是半无限空间的解, 在式(5)中取 $B_m=0$ 。如果将式(8)取极限 $L \rightarrow \infty$, 则右端第一个积分定出系数 $A_m(k)$, 第二个积分不确定。规定 $B_z(r, \theta, 0)$ 后只能确定 $D_m(k)$, 不能确定 $C_m(k)$ 。这样, 文献[2]认为纵场边值解不唯一, 还需要补充横场边值。事实上, 对于闭场位形应满足条件 $\lim_{z \rightarrow +\infty} \psi = 0$ 。

只由 $z=0$ 确定系数 $D_m(k)$, 其相应的解不一定满足 $z \rightarrow +\infty$ 的边界条件。如果再利用横场边界条件确定系数 $C_m(k)$, 也不能证明这时的解会满足 $z \rightarrow +\infty$ 的边界条件。解的存在唯一性是对具体方程和边值而言的。而文献[2]的结论没有考虑 $z=L$ 边值。

还应指出, 线性无力场的稳定性分析要求区域的延伸尺度 $d < 1/\alpha$ [5]。解式(5)为径向无限问题, 是不稳定的。对于有限区域的线性无力场可用有限亨克变换求解, 若边值展开为:

$$\begin{cases} B_z(r, \theta, 0) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=0}^{\infty} f_{mn} e^{im\theta} \cdot J_m(\sqrt{\alpha^2 + \beta_{mn}^2}r) \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} B_z(r, \theta, L) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=0}^{\infty} g_{mn} e^{im\theta} \cdot J_m(\sqrt{\alpha^2 + \beta_{mn}^2}r) \end{cases} \quad (10)$$

$$\psi(R, \theta, z) = 0, \quad (11)$$

则方程(3)在式(9)~(11)边值下的解为

$$\psi(r, \theta, z) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{im\theta} f_{mn} \operatorname{sh}[\beta_{mn}(L-z)] + g_{mn} \operatorname{sh}(\beta_{mn}z)}{\operatorname{sh}(\beta_{mn}L)} J_m(\sqrt{\alpha^2 + \beta_{mn}^2}z), \quad (12)$$

当 $L \rightarrow \infty$ 时, 也有唯一的解为

$$\psi(r, \theta, z) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=0}^{\infty} e^{im\theta} f_{mn} J_m(\sqrt{\alpha^2 + \beta_{mn}^2}z) \exp(-\beta_{mn}z), \quad (13)$$

其中本征值 β_{mn} 由条件 $J_m(\sqrt{\alpha^2 + \beta_{mn}^2}R) = 0$ 确定。式(12)与式(5)的差别是用离散谱代替连续谱, 并用 $\sqrt{\alpha^2 + \beta_{mn}^2}$ 代替 k 。

作为实际应用, 可以分析太阳活动区无力场。若已知光球层纵场边值, 以及上层日冕的纵场边值, 无力场的位形就唯一确定了。因为观测上人们往往测量纵场, 横场测量比较困难, 所以纵场边值的唯一性问题就有重要意义。

[1] 胡文瑞. «中国科学», 1 (1977) 69

[2] Chiu Y. T., Hilton H. H., *Astrophys. J.*, 212 (1977) 873

[3] Chandrasekhar S., Kendall P. C., *Astrophys. J.*, 126 (1957) 457

[4] Barbosa D. D., *Solar Phys.*, 56 (1978) 55

[5] Molodensky M. M., *Solar Phys.*, 39 (1974) 393

(1978年11月22日收到)

活性E玫瑰花试验: 胃癌 抗原对胃癌病人活性 玫瑰花形成细胞(A-RFC) 的激活作用

王凯华 (山东师范学院生物系肿瘤组)

近年来发现活性玫瑰花形成细胞(A-RFC)是具有高度亲和力的绵羊红细胞受体的一种T细胞亚群,华勃恩^[1,2]等人认为外周血中的这种T细胞亚群比总T细胞更能真切地反映人体的免疫状态,并能敏感地反映肿瘤病人的细胞免疫机能。外周血中的A-RFC可作为免疫活性细胞和免疫监视系统反应的客观指标^[3]。我们检测了30例正常人的A-RFC,平均百分率为 $36.4\% \pm 4.6$,总T细胞的平均百分率为 $70.1\% \pm 4.8$;98例癌患者的A-RFC平均百分率为 $18.8\% \pm 7.7$,而其总T细胞为 $57.5\% \pm 8.6$ 。以上数字说明A-RFC更能敏感地反映人体的机能状态。

为了研究肿瘤病人的A-RFC和肿瘤抗原的特异性关系,我们自1977年以来开始研究胃癌抗原对胃癌病人的致敏淋巴细胞形成活花的影响,发现胃癌抗原作用于胃癌病人的淋巴细胞之后,活花结合率比未经抗原作用的对照组显著增多($P < 0.001$),瘤体很小的病人也能出现这种差异。在冷藏后的活花形成试验中也可看到这种差异。我们用激活率来表示抗原对A-RFC的效应。在试验中观察到胃癌抗原对60例胃癌病人的A-RFC激活率的平均值($55\% \pm 20$)与对30例正常人($1.9\% \pm 1.2$)、40例非癌胃病患者($6\% \pm 4.4$)的A-RFC激活率平均值之间有非常显著的差异。用测定胃癌抗原对受检者A-RFC的激活率来诊断胃癌,阳

性率可达92%。按同样原则可引伸到其他癌肿的特异性诊断上去,即我们用肺癌、肝癌等抗原分别对相应癌患者A-RFC的激活作用来诊断肺癌、肝癌等均收到较好的诊断效果,从而为癌肿的诊断开辟了一条新的研究途径。

胃癌抗原作用于致敏淋巴细胞后对活花结合率有显著激活作用,但对总T细胞没有显著作用。这一实验结果和后来看到的菲尔波格^[4]等人在1977年发表的用微生物抗原作用于对该抗原的皮试阳性者的A-RFC的实验结果相似,它支持了A-RFC是一种有免疫活性的T细胞的设想。同时在研究中我们观察到抗原与淋巴细胞共同温育的时间如果过短,则激活作用不显著。淋巴细胞在冷藏之前先进行抗原激活试验,在冷藏后仍然显出激活效应;而在冷藏后再进行抗原激活试验,则往往看不出显著变化。以上的试验结果可以说明E受体重新综合的设想,因此本试验可以为研究A-RFC的生物特性提供方法。胃癌抗原对胃癌病人A-RFC的激活作用特别明显,而对胃平滑肌肉瘤、乳癌、白血病、黑色素瘤等病人A-RFC的作用正好相反,即反而抑制了A-RFC的形成。试验结果说明:不同肿瘤抗原的决定簇性质和位置关系不尽相同,这种试验方法可能为研究肿瘤抗原问题提供新的线索。

[1] Wybran J. et al., *J. Clin. Invest.*, 52 (1973) 106

[2] Horowitz S. et al., *Clin. Immunol. Immunopathol.*, 4 (1975) 405

[3] Felsburg P. J. et al., *J. Immunol.*, 116 (1976) 1110

[4] Felsburg P. J. et al., *J. Immunol.*, 118 (1977) 62

(1979年1月13日收到)

启 事

本刊自1980年1月起增加篇幅,每期80页,报纸本定价0.38元。仍由上海市报刊发行处发行,全国各地邮局均接受订户,欢迎订阅。

1980年胶版纸本每期定价0.80元,全年9.60元(包括平寄邮费),挂号全年另加1.44元。订费请寄上海瑞金二路450号自然杂志编辑部收,当按期寄奉。本刊编辑部不办理报纸本订阅工作。