A lézeres megmunkálás diagramjai

2009. október 21.

Termodinamikai egyensúly

Álló nyaláb, homogén kivilágítás

E2.2

$$T - T_0 = \frac{Aq}{\lambda A_B}\left(\frac{4at}{\pi}\right)^{1/2}$$

$t = \tau$ a kölcsönhatás ideje $E = A\frac{q}{A_B} = A \cdot E_i$

$$T - T_0 = \frac{E}{\lambda}\left(\frac{4a\tau}{\pi}\right)^{1/2}$$

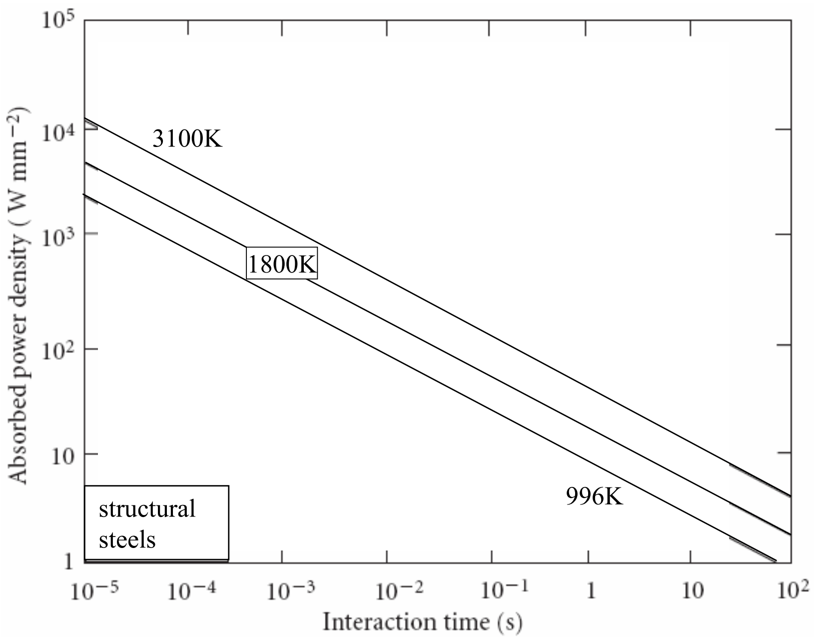
$$\log(T - T_0) = \log E + \frac{1}{2}\log\tau + \log\frac{2a^{1/2}}{\pi^{1/2}\lambda}$$

$$\log E = \log(T - T_0) + \log\frac{\pi^{1/2}\lambda}{2a^{1/2}} - \frac{1}{2}\log\tau$$

Figyelem! ***E*** most az ***abszorbeált*** teljesítménysűrűség, míg az empirikus diagramon a ***mintára eső*** E_i szerepelt!

A modellezés eredménye

Karakterisztikus hőmérsékletek: $T_{párolgás}$=3100K
$T_{felszíni\ forrás}$=1800K
$T_{ausztenit\ képz.}$=996K

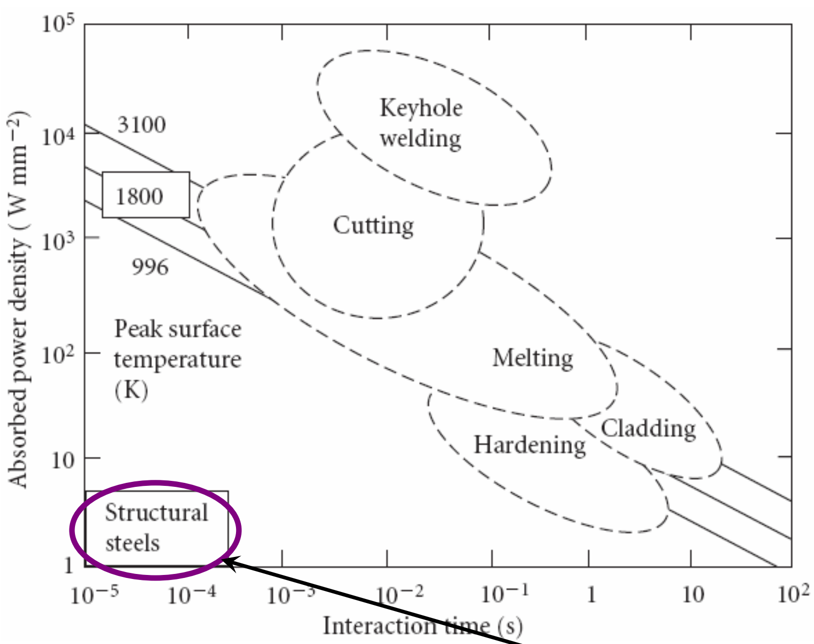


A grafikon

$E_i \rightarrow E$ konverzió után

az abszorptivitás közelíthető:
0.5 hardening
0.3 melting
0.5 cladding
0.5 cutting
0.8 keyhole welding

E



τ

még mindig anyagspecifikus!

J.C. Ion, H.R. Shercliff and M.F. Ashby, *Acta Metallurgica et Materialia* **40** (1992) 1539-1551

További általánosítás dimenzió nélküli változók bevezetésével

E2.19 $$T_{(0,0,z,t)} - T_0 = \frac{Aq}{2\pi\lambda v\left[t(t+t_0)\right]^{1/2}} e^{-\frac{1}{4a}\left(\frac{(z+z_0)^2}{t}\right)}$$

Gauss intenzitáseloszlású (körszimmetrikus) mozgó cw nyaláb z mélységben

$$t_0 = \frac{r_B^2}{4a}$$ karakterisztikus hőterjedési idő

a: hődiffúziós együttható [m^2/s]

λ: hővezetőképesség [W/(m K)]

z_0 karakterisztikus hossz (a felszíni hőmérsékletet limitálja a véges időnek megfelelően, a valós felület z_0-lal van a modellezet felszín alatt)

Általános

$$\boxed{q^* = \frac{Aq}{r_B\lambda(T_m - T_0)}}$$

dimenziónélküli (elnyelt) nyalábteljesítmény

$$\boxed{v^* = \frac{v r_B}{a}}$$

dimenziónélküli sebesség

Specifikus

$$T^* = \frac{T - T_0}{T_m - T_0} \qquad t^* = \frac{t}{t_0} \qquad z^* = \frac{z}{r_B}$$

T_m: op.

$$T^* = \frac{(2/\pi)(q^*/v^*)}{\sqrt{t^*(t^*+1)}} e^{-\frac{(z^*+z_0^*)^2}{t^*}}$$ **E1**

ahol $z_0^* = \frac{z_0}{r_B}$, melyet a következő módon határozhatunk meg.

Határozzuk meg mennyi idő alatt (t_p^*) éri el a rendszer a csúcshőmérsékletet (T_p^*)

Abban az időpillanatban, amikor a hőmérséklet maximális, a $T^*(t^*)$ függvény érintője éppen 0 meredekségű.

$$\left.\frac{dT^*}{dt^*}\right|_{t^*=t_p^*} = 0$$

$$t_p^* = \frac{1}{4}\left\{2(z^*+z_0^*)^2 - 1 + \sqrt{4(z^*+z_0^*)^4 + 12(z^*+z_0^*)^2 + 1}\right\}$$ **E2**

Ha most beírnánk **E2**-t, **E1**-be, akkor kapnánk egy igen bonyolult kifejezést T_p^*–ra.

Ezt összehasonlítva egy ismert $T_p^*(t_p^*)$ összefüggéssel, kiszámítható z_0^*.

Ezt azonban érdemes kiváltani

E2.8 $$T_{(0,0,0,t)} - T_0 = \frac{Aq}{\pi^{3/2}\lambda r_B} arctg\left(\frac{4at}{r_B^2}\right)^{1/2}$$

Gauss intenzitáseloszlású (körszimmetrikus) álló nyaláb a felszínen

avagy dimenzió nélküli mennyiségekkel kifejezve:

$$T^* = \frac{q^*}{\pi^{3/2}} arctg\sqrt{t^*}$$

Mekkora hőmérsékletet érünk el a felszínen, ha τ ideig fűtjük a mintát?

$$t^* = \frac{\tau}{t_0} = \frac{\tau}{r_B^2/4a} = \frac{4a\tau}{r_B^2}$$ s mivel $\tau = \frac{2r_B}{v}$ és $v^* = \frac{vr_B}{a}$

$$T_p^*\Big|_{z^*=0} = \frac{q^*}{\pi^{3/2}} arctg\sqrt{\frac{8}{v^*}}$$ **E3**

Mennyi lesz **E2** helyettesítési értéke z*=0-ban?

$$t_p^*\Big|_{z^*=0} = \frac{1}{4}\left\{2\left(z_0^*\right)^2 - 1 + \sqrt{4\left(z_0^*\right)^4 + 12\left(z_0^*\right)^2 + 1}\right\}$$ **E4**

Végül helyettesítsük be **E4**-et **E1**–be és tegyük egyenlővé **E3**-mal!

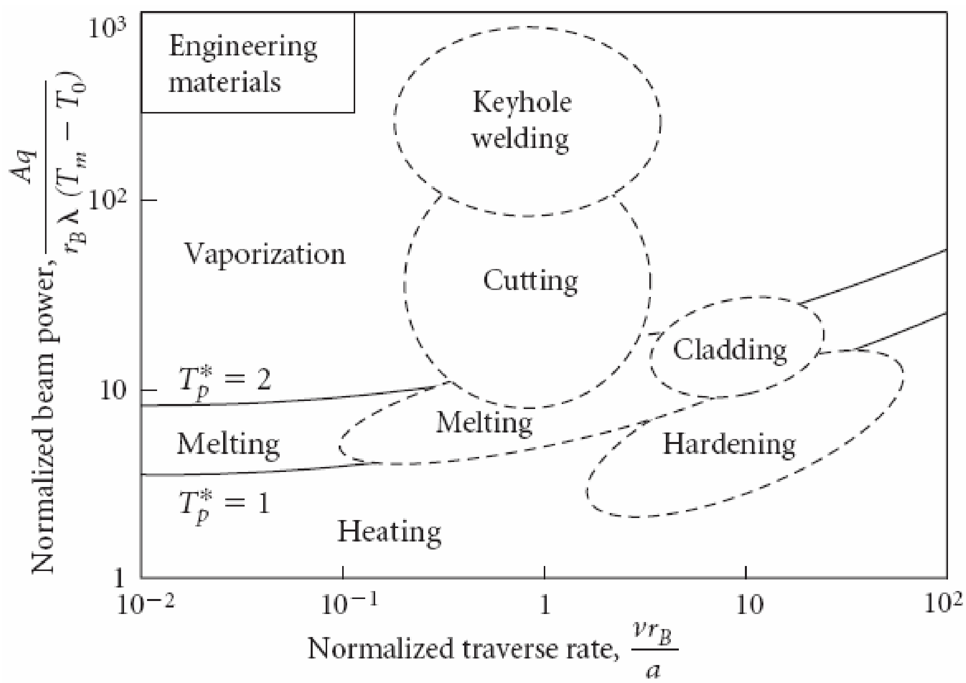
$$T_p^*\Big|_{z^*=0} = \frac{(2/\pi)(q^*/v^*)}{\sqrt{t_p^*\Big|_{z^*=0}\left(t_p^*\Big|_{z^*=0}+1\right)}} e^{-\frac{\left(z_0^*\right)^2}{t_p^*\big|_{z^*=0}}} = \frac{q^*}{\pi^{3/2}} arctg\sqrt{\frac{8}{v^*}}$$

$$T_p^*\Big|_{z^*=0} = \frac{(2/v^*)}{\sqrt{t_p^*\Big|_{z^*=0}\left(t_p^*\Big|_{z^*=0}+1\right)}} e^{-\frac{\left(z_0^*\right)^2}{t_p^*\big|_{z^*=0}}} = \frac{1}{\pi^{1/2}} arctg\sqrt{\frac{8}{v^*}}$$ **E5**

*v** ismeretében **E5**-ből z_0^* numerikusan számolható, melyet **E1**-be visszaírva (*q** és t_p^* felhasználásával) T_p^* számolható.

Az anyagfüggetlen felszíni grafikon

q^*



v^*

Hát nem sokkal egyszerűbb grafikonnal?!?!

A mélységi modell

Felszíni réteg => mélységi analízis (továbbra is kizárólag szilárd fázisú strukturális változásokat véve alapul)

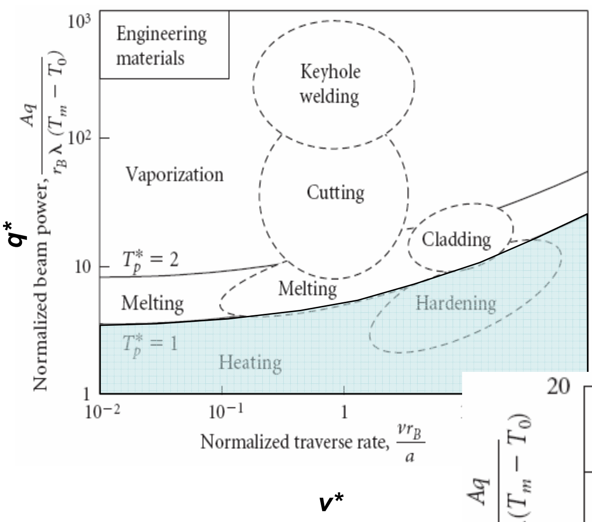
Ehhez a korábban használt dimenziómentes mennyiségeket:

$$q^* = \frac{Aq}{r_B \lambda (T_m - T_0)} \qquad v^* = \frac{v r_B}{a} \qquad T_p^* = \frac{T_p - T_0}{T_m - T_0}$$

dimenziónélküli nyalábteljesítmény　　dimenziónélküli sebesség　　dimenziónélküli hőmérsékletemelkedés

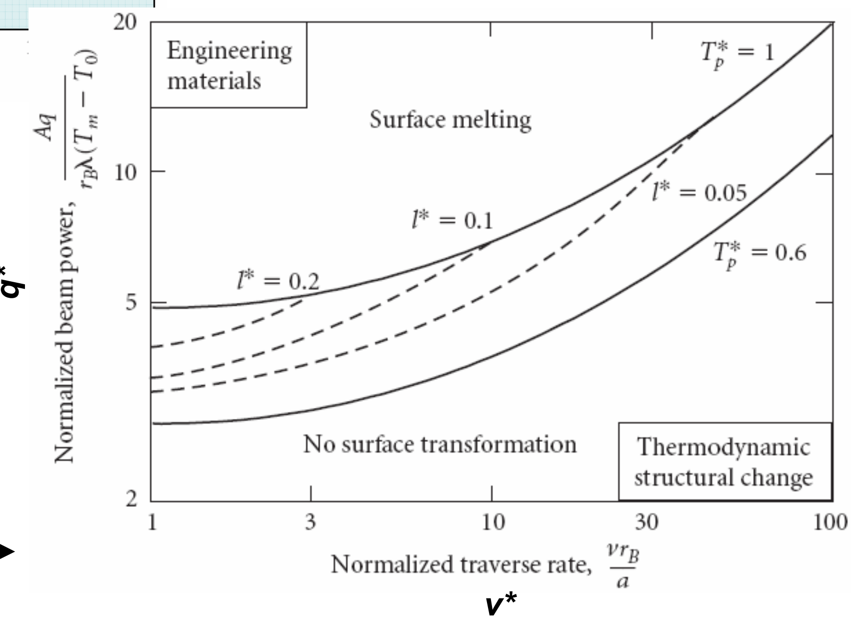
T_m: op.

ki kell egészítenünk　　$l^* = \frac{l}{r_B}$　　l: átalakítási mélység



felületkezelés

feltételezve, hogy a strukturális változás az op. 60%-át igényli (pl. ausztenites fázis kialakulása szerkezeti acélokban)



mélységi kezelés