



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Conformação Plástica Volume 2

Estudo macroscópico das deformações permanentes nos materiais sólidos e sua aplicação na tecnologia mecânica

OTTO ALFREDO REHDER

SÃO CARLOS
2020

Handwritten signature/initials

UNIVERSIDADE DE SÃO-PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE MECÂNICA

CONFORMAÇÃO PLÁSTICA

2
Estudo macroscópico das deformações
permanentes nos materiais sólidos e
sua aplicação na tecnologia mecânica

COMPILADO PELO

Dr. Eng.º Otto Alfredo Rehder

formado pela FEI e pela TU - Berlim

4. Curvas de encruamento

4.1. Generalidades.

Os metais em geral apresentam 3 tipos de comportamento plástico, no ensaio a tração que são : escoamento nítido com patamar de escoamento , escoamento contínuo sem patamar de escoamento e ruptura brusca sem escoamento permanente. Enquanto que os dois primeiros definem os materiais dúcteis o 3º caso caracteriza os materiais quebradicos. Ademais, a representação gráfica dos resultados do ensaio a tração seguem geralmente a orientação da figura 37.

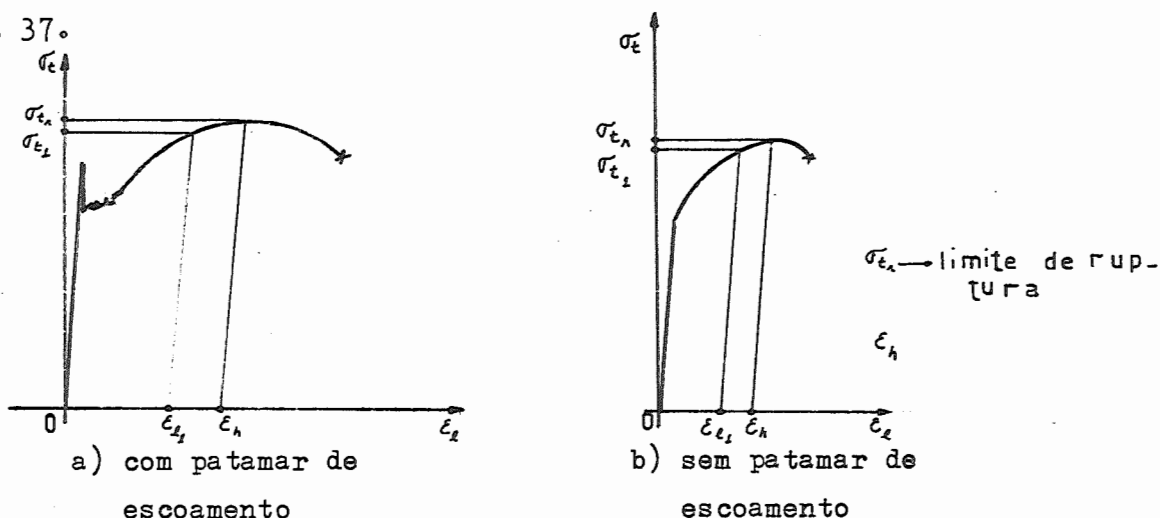


fig. 37 gráfico, tensão normal a tração - alongamento relativo

Nesta figura temos as seguinte coordenadas : tensão normal a tração $\sigma_{t_1} = \frac{P_1}{S_0}$, a onde P_1 é a fôrça normal e S_0 a secção transversal $E_{t_1} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$, a onde l_0 é o comprimento de referência inicial do corpo de prova e l_1 o comprimento final de l_0 após a deformação

Como a secção transversal diminue com o escoamento, o valor σ_t não exprime a tensão real na secção considerada. No entanto, pode-se definir uma outra tensão, expressa por :

$$\overline{\sigma}_{t_1} = \frac{P}{S_1} \quad (36)$$

Esta tensão que é definida por verdadeira, apesar de ser referida a seção S_1 , isto é, medida após o respectivo carregamento, ainda não exprime a tensão real durante a sollicitação, pois, não considera o recuo elástico - quando cessa a sollicitação. Aliás, este recuo pode ser desprezado, para a maioria dos materiais, pois é muito menor do que o alongamento permanente - em estudo. Tomemos, por exemplo, um aço com um módulo de elasticidade $E = 21000 \text{ kgf/mm}^2$, um alongamento $\epsilon_{l_1} = 0,2\%$ e um limite de escoamento $\sigma_{t_1} = 10,5 \text{ kgf/mm}^2$.

A deformação elástica é então : $\epsilon_e = \frac{\sigma_{te}}{E} = \frac{10,5}{21000} = 0,005$ ou 0,05% , portanto, desprezível em relação a $\epsilon_l = 0,2\%$.

Os gráficos da figura 38 mostram a tensão real $\overline{\sigma}_t$ em função do alongamento relativo ϵ_l

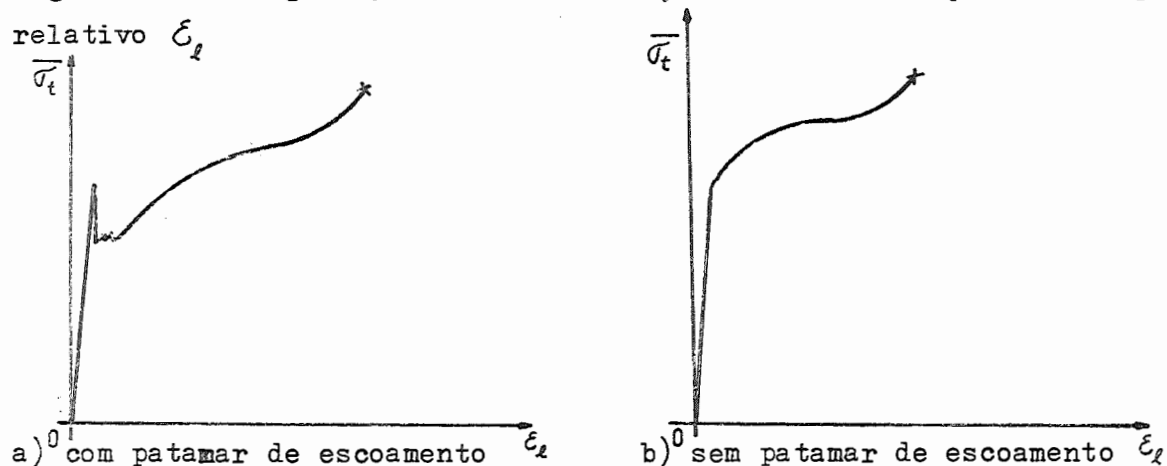


fig. 38 - Gráfico tensão real - alongamento relativo

Nesta representação, no entanto, não aparece nitidamente a tensão de ruptura σ_{tr} , após a qual o corpo de prova, continua a escoar sem o acréscimo de carga. (início da estricção)

Convém lembrar aqui, que a tensão real neste gráfico, durante a estricção, também se refere a menor seção transversal do corpo de prova.

Transformando-se o alongamento relativo em deformação logarítmica e igualando-se a tensão real a pressão específica de deformação k_d , obtém-se os elementos necessários para a construção gráfica da curva de encruamento. (vide figura 39)

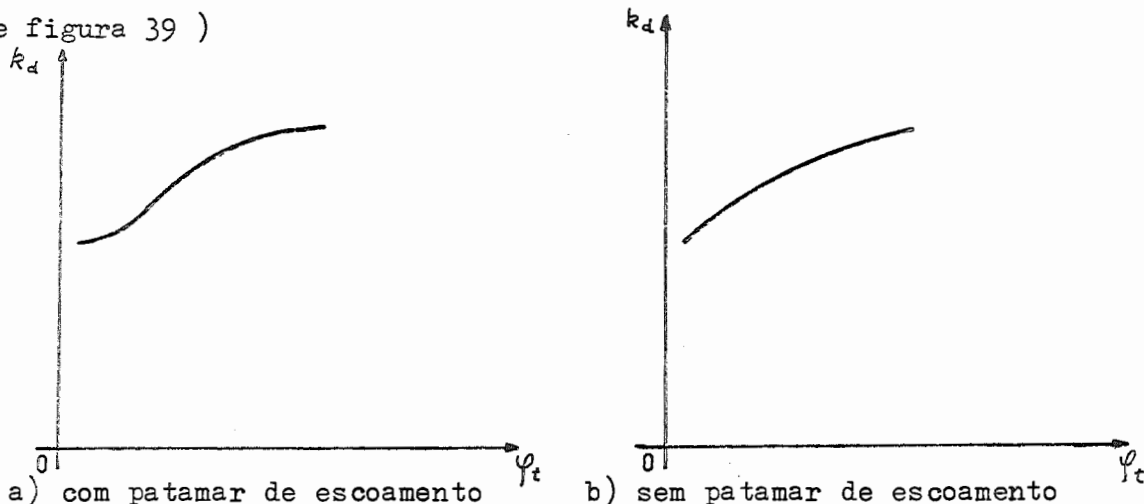


fig. 39 - Curvas de encruamento

No entanto, para o ensaio a compressão simples, também se define a pressão específica de deformação porém, com sinal negativo, como segue -

$$-k_d = -\frac{P_{c_2}}{S_1} \quad . \quad \text{O encurtamento que define nesse caso a deformação per}$$

manente, também pode ser transformado em deformação logarítmica ($-\psi_c$). Em resumo a curva de encruamento representa os ensaios de tração e compressão indiferentemente, quando se adota para as coordenadas os valores escalares.

Segundo P. Ludwik,¹⁾ a expressão analítica dessa curva, para a maioria dos metais, define uma função exponencial.

$$k_d = a \psi_t^n \quad (37)$$

O coeficiente "a" dá a posição da reta resultante quando se aplica o logaritmo na expressão (37).

Por exemplo o aço carbono de 0,10 a 0,20% C, apresenta um a 20 a 30 kgf/mm² e o alumínio com 99,5% um a $\approx 4,5$ kgf/mm².

A inclinação da reta, formada pelo logaritmo da expressão (37) dá o expoente n, cujo valor varia de 0,19 a 0,27 para os aços carbono e 0,27 para o alumínio. No entanto, o aço inoxidável 18-8 e o latão não obedecem esta expressão, mas uma análoga, dada por :

$$k_d = a \cdot \epsilon_c^n \quad (38)$$

Sendo ϵ_c o encurtamento relativo ; a e n o coeficiente e o expoente dessa igualdade respectivamente. Segundo W. Pankwin²⁾ temos os seguintes valores práticos : para o aço 18-8, a ≈ 18 kgf/mm² e n $\approx 0,54$; para o latão 63, a ≈ 12 kgf/mm² e n $\approx 0,44$.

De qualquer maneira estas expressões são aproximadas e só servem para distinguir, a grosso modo, os diversos encruamentos dos metais entre si , principalmente, no que se refere ao expoente n , também definido por expoente de encruamento. Quanto maior for esse expoente tanto mais encrua o material, com a deformação .

Por outro lado, existem metais com n = 0, isto é, metais que não encruam, por exemplo o chumbo na temperatura ambiente.

Aliás, quando o material apresenta uma curva de encruamento com n = 0, pode-se afirmar que a sua temperatura é maior ou igual a de recristalização, pois só, assim se explica a deformação plástica sem encruamento.

4.2 Relações gráficas e analíticas com a curva de encruamento

Uma das relações analítica dá a diferenciação da pressão específica de deformação, dada por, $k_d = \frac{P}{S}$, aliás proposto por P. Ludwik¹⁾ em 1909.

Portanto, diferenciando-se $P = S k_d$ têm-se,

$$dP = d(S k_d) \quad (39)$$

$$\text{mas } d(S k_d) = k_d dS + S dk_d \quad (40)$$

Para se determinar o máximo, deve-se igualar a expressão 40 a zero ,
donde

$$\left(\frac{k_d}{dk_d} \right)_{p_{max.}} = \left(- \frac{S}{dS} \right)_{p_{max.}} \quad (41)$$

Como o volume é constante durante a deformação têm-se

$$d\varphi_t = \frac{d\ell}{\ell} = - \frac{dS}{S} \quad (42)$$

que substituído em (41), dá,

$$\left(\frac{k_d}{dk_d} \right)_{p_{max.}} = \left(\frac{1}{d\varphi_t} \right)_{p_{max.}} \quad (43)$$

ou

$$\left(\frac{dk_d}{d\varphi_t} \right)_{p_{max.}} = (k_d)_{p_{max.}} \quad (44)$$

Introduzindo-se a expressão (37) e lembrando-se que a máxima tensão no ensaio a tração se dá um pouco antes da estrição, isto é, quando $\epsilon_l = \epsilon_h$ ou $\varphi_t = \varphi_h$, a onde, ϵ_h define o alongamento homogêneo e φ_h a deformação logarítmica homogênea. (vide figura 10), têm-se,

$$kd = a \varphi_h^n \quad e \quad \frac{dk}{d\varphi_h} = a n \varphi_h^{n-1} \quad (45)$$

Substituindo-se estas na expressão (44), resulta .

$$a n \varphi_h^{n-1} = a \varphi_h^n \quad (46)$$

ou

$$n = \varphi_h \quad (47)$$

Portanto a deformação logarítmica homogênea define o expoente de encruamento.

Além disso, a tensão de ruptura σ_r fornece ainda a seguinte relação:

$$\sigma_r = \frac{S}{S_0} kd = \frac{1}{e \varphi_h} \cdot kd \quad (48)$$

pois, $\frac{S}{S_0} = e^{\varphi_h}$, mas $\varphi_h = n$ e $kd = a \varphi_h^n = a n^n$, donde resulta ,

$$\sigma_r = \frac{1}{e^n} \cdot a n^n \quad (49)$$

ou

$$\sigma_r = a \left(\frac{n}{e} \right)^n$$

A construção gráfica de Nadai e Reyto também permite relacionar a curva de encruamento com os dados de ruptura.

Para tanto, recorre-se a tensão normal σ e a tensão verdadeira $\bar{\sigma}$, portanto, $\bar{\sigma} = \frac{P}{S} = \frac{P}{S_0} \cdot \frac{S_0}{S} = \sigma \frac{S_0}{S} = \sigma (1 + \epsilon)$ (50)

pois $\mathcal{E} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1 = \frac{S_0}{S} - 1$, devido o volume constante $l_0 S_0 = S l$. Derivando-se esta expressão e igualando-a a zero temos,

$$\frac{d\sigma}{d\mathcal{E}} = \frac{1}{(1+\mathcal{E})^2} \left[(1+\mathcal{E}) \frac{d\sigma}{d\mathcal{E}} - \sigma \right] = 0 \quad (51)$$

Mas, o coeficiente $\frac{1}{(1+\mathcal{E})^2}$ só se anula, quando $\mathcal{E} = \infty$ cuja solução não interessa à prática, resta então, $\left[(1+\mathcal{E}) \frac{d\sigma}{d\mathcal{E}} \right]_{\max} = \bar{\sigma}_{\max} \quad (52)$

que define a tensão máxima, portanto, o alongamento relativo passa a ser e a tensão para σ_r (tensão de ruptura).

Com isso a expressão (50) passa a ser

$$\sigma_r = \frac{\bar{\sigma}_{\max}}{1 + \mathcal{E}_n}$$

Substituindo-se esta ultima expressão em (52) tem-se

$$\left(\frac{d\bar{\sigma}}{d\mathcal{E}} \right)_{\max} = \frac{\bar{\sigma}_{\max}}{1 + \mathcal{E}_n} = \sigma_r \quad (53)$$

donde se conclue que a tangente a curva $\sigma = f(\mathcal{E})$ numa distância $\mathcal{E}_n$ pode-se observar esta dedução teórica, graficamente.

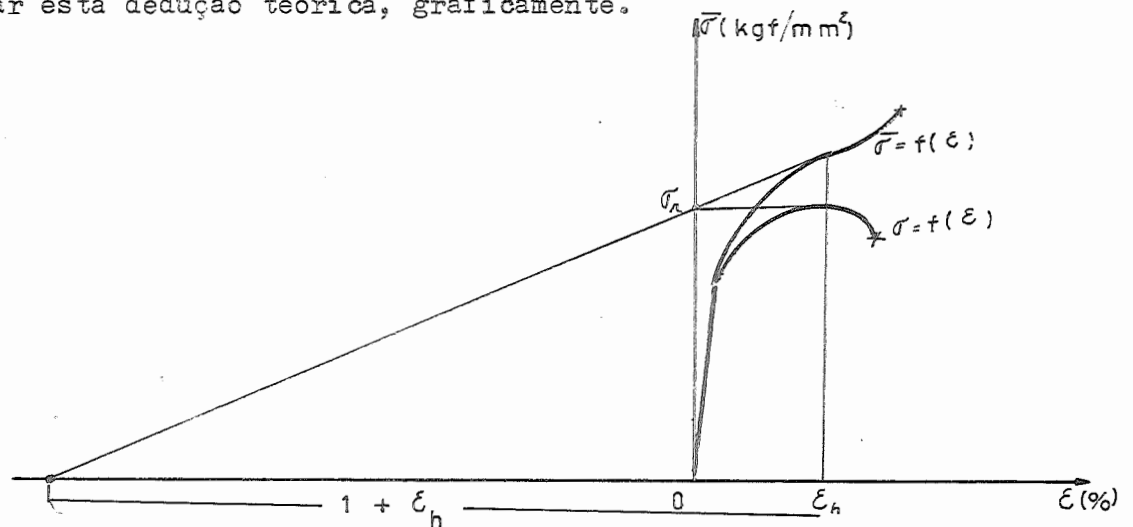


fig. 40. Construção gráfica para relacionar σ_r com $\bar{\sigma} = k_d$

Como $\bar{\sigma} = k_d$ pode-se, com auxílio de papel logarítmico, pois $\psi_{t_h} = \ln \frac{l_h}{l_0} = \ln (\mathcal{E}_h + 1)$, determinar graficamente a partir de σ_r e $\mathcal{E}_h$ um

ponto da curva de encruamento. Por outro lado a função (37) no papel logarítmico representa uma reta, portanto necessitamos mais um ponto da curva para determinar a curva de encruamento. Desprezando-se as deformações elásticas, pois, são muito pequenas em relação as deformações plásticas, pode-se adotar para o limite de escoamento $\sigma_e = \bar{\sigma}_e$.

Esta tensão que se refere a um $\mathcal{E} \approx 0$ define então o segundo ponto da curva de encruamento e representa na equação (37) o coeficiente a no pa

pelo logarítmico.

Tôdas estas deduções teóricas e gráficas são aproximadas pois, a curva de encruamento representa uma certa sequência de valores práticos, $k_d = f(\psi_t)$ que nem sempre podem ser representados por uma equação simples.

4.3. Influências térmicas sobre a curva de encruamento

Nos parágrafos anteriores, nos quais se estuda a curva de encruamento, não se menciona a temperatura, no entanto ela influe diretamente sobre este fenômeno de deformação.

Quando se deforma um metal dúctil, a uma temperatura muito baixa, êle pode tornar-se quebradiço, portanto é muito importante para a construção mecânica, determinar exatamente esta influência.

O ensaio de resiliência em função da temperatura dá uma boa noção sobre esta fragilidade térmica.

Para tanto constrói-se o seguinte gráfico da figura 41.

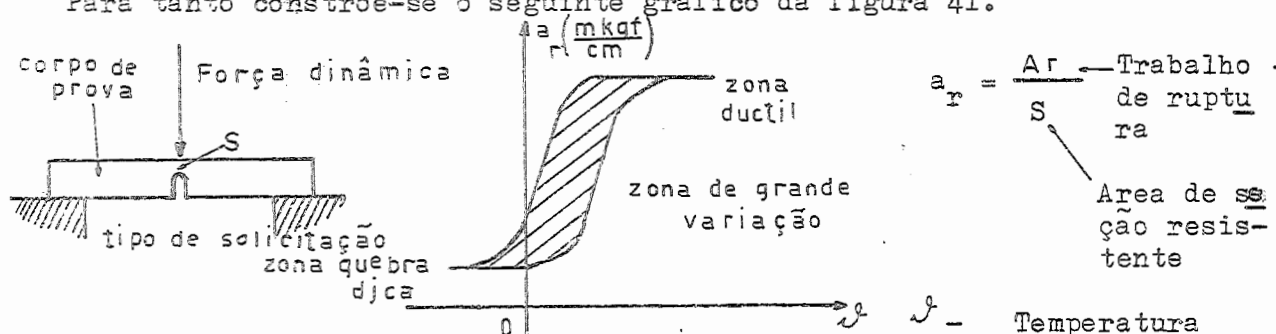


fig. 41. Influência da temperatura sobre o coeficiente de resiliência

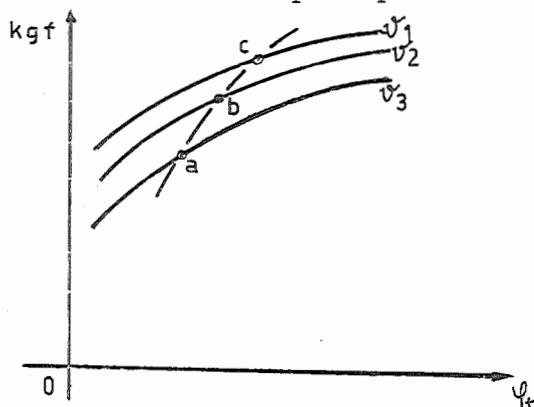
Nesta figura podemos observar 3 zonas distintas, definidas pela variação do trabalho específico a_r em função da temperatura t . Examinando-se a superfície fraturada do corpo de prova, pode-se distinguir os 3 tipos de ruptura, dúctil com escoamento nítido, indefinido e o quebradiço sem escoamento visível, que correspondem as 3 zonas do gráfico.

Por outro lado, com a elevação da temperatura os metais deformam com um menor esforço externo, isto é, a pressão específica de deformação diminui.

No entanto, não devemos esquecer que os materiais apresentam, durante uma solicitação, uma deformação viscosa (creping ou Kriecken), que pode ser desprezível na temperatura ambiente, mas ela aumenta com a temperatura como podemos observar pelos ensaios de resistência a quente. Por exemplo, os ensaios que determinam o limite de escoamento viscoso, segundo a norma DIN - 50117 e a tensão limite 0,2 pela DIN - 50118.

Em resumo, vê-se que a influência da temperatura não pode ser desprezada e deve ser constante para cada curva de encruamento.

Esta curva assim formada define-se como isotérmica e a reunião delas , cada uma com uma temperatura diferente forma o gráfico da figura 42. Por outro lado toda deformação plástica vem acompanhada por uma elevação de temperatura, que deve ser determinada para poder ser considerada na curva de encruamento.



a, b, c dados práticos de um ensaio.

fig. 42. Curvas isotérmicas de encruamento.

Portanto, os dados práticos necessários para a construção das curvas isotérmicas de encruamento geralmente não provém de ensaios a temperatura constante e sim de acordo com a curva a b c da fig. 42.

4.4. Transformação de estrutura cristalina.

A maioria dos metais apresentam, além da temperatura de fusão , uma ou mais temperaturas de transformação de estrutura cristalina.

Quando esta transformação se encontra numa temperatura perto da de fusão ou muito abaixo de 0 c ela deixa de ser importante para as deformações plásticas da prática.

Por outro lado a recristalização, que os metais apresentam quando são aquecidos a uma certa temperatura, é de grande importância, pois define o limite de deformação plástica sem encruamento.

Aliás, as conhecidas denominações de deformação a frio e a quente, ao certo devem ser definidas por : deformação com temperatura abaixo ou acima da de recristalização, respectivamente. Assim sendo, o chumbo deforma a quente na temperatura ambiente.

Para os aços carbonos têm-se na figura 43 as faixas de temperatura que correspondem a deformação quente de acordo com os ensaios de Dupuy e Honda.³⁾

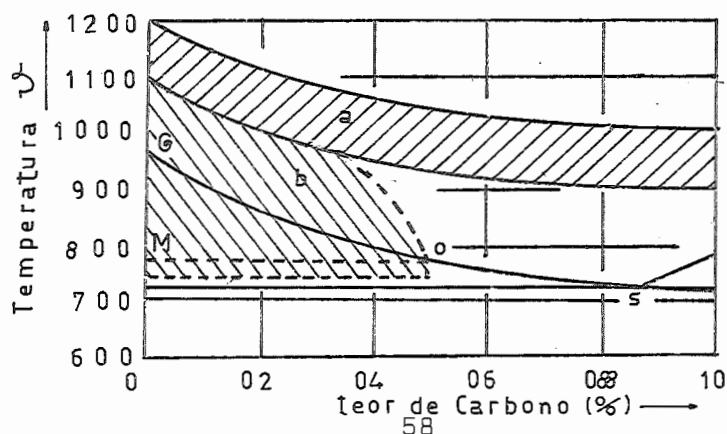


fig. 43 - Parte do gráfico ferro-carbono em função da temperatura com as limitações para a deformação a quente, a) temperatura ideal e b) temperatura com limitação de deformabilidade menor que a .

A faixa a representa a deformação a quente ideal, pois, todo material tem um limite de deformabilidade para um determinado esforço solicitante, geralmente definido pelo alongamento de ruptura, que nêsse caso é maior do que o da faixa b .

No entanto, a recristalização também se efetua após uma deformação a frio, quando se aquece posteriormente o material a temperatura de recristalização. Os gráficos da figura 44 mostram como varia o tamanho do grão cristalino com o encruamento e a temperatura do metal.

Para o aço de baixo teor de carbono vide figura 24, no parágrafo 2.1. 6.13 .

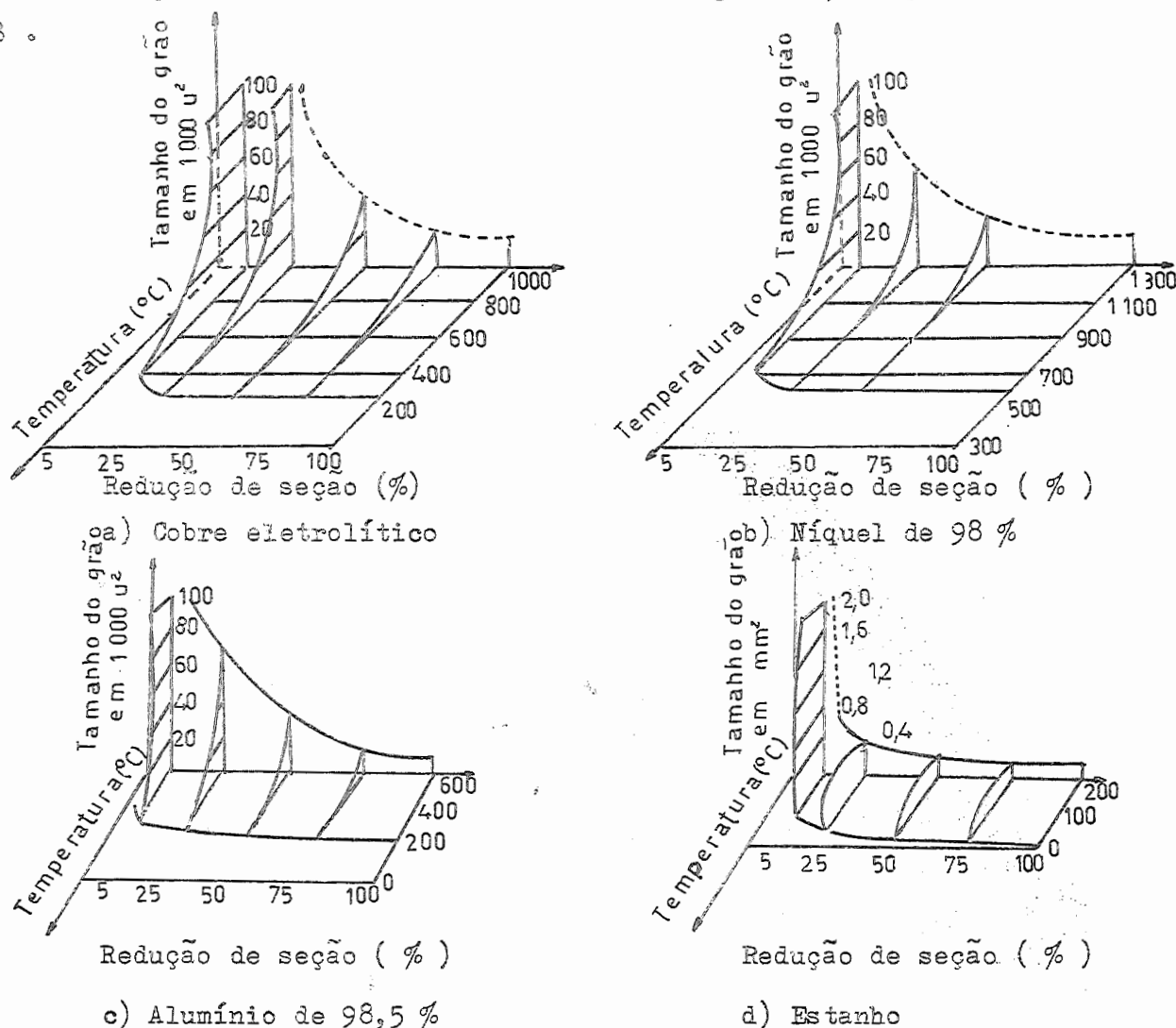


fig. 44. Gráficos de recristalização para diversos metais.

Essa variação de tamanho de grão, naturalmente está sujeita a velocidade de de recristalização que não deve ser desprezada.

Continuando com a influências das transformações cristalinas sobre o

encruamento, devemos ainda citar o comportamento cristalino do aço inoxidável austenítico instável.

A instabilidade desses aços é definida pela sua tendência a formar Martensit.

C.B. Post e W.S. Eberly⁴⁾ estabeleceram uma percentagem equivalente de Níquel, que não deve ser ultrapassada para o aço inoxidável permanecer estável (livre de Martensit), cuja expressão : (válida para % C < 20%) é

$$\% \text{Ni}_{eq} = \frac{(\% \text{C} + 1,5\% \text{Mo} - 20)^2}{12} - \frac{\% \text{Mn}}{2} - 35\% \text{C} + 15$$

No entanto, despreza-se aqui o teor de Nitrogênio, que também influencia sobre esta instabilidade, pois, este deve ser evitado quando se deseja um aço altamente resistente deve-se adotar o aço instável e quando se dá preferência para uma pressão específica de deformação menor, o aço estável parece o mais indicado.

No entanto, a instabilidade é ainda função da temperatura, e pode por isso não obedecer o limite fixado pelo Ni_{eq} , por exemplo: o aço com 0,10% Si; 0,55% Mn; 0,008% P; 0,008% S; 17,24% Cr e 7,65% Ni apresenta um $\text{Ni}_{eq} = 11,86 > 7,65$, portanto, estável mas na realidade ele só é estável acima de 80 °C.

Além dessas transformações existem outras, que podem ser obtidas através dos gráficos característicos do metal, em função da temperatura e dos componentes da liga.

Em resumo, deve-se anotar na curva de encruamento as eventuais transformações cristalinas, que o material representado pode apresentar.

4.5 - Influência da velocidade de deformação

Como velocidade de deformação define-se, a variação de deformação logarítmica em relação ao tempo, donde

$$\dot{\psi}_t = \frac{d \psi_t}{dt} \quad (54)$$

A velocidade de alongamento, que se utiliza muitas vezes no lugar da de deformação, se obtém diretamente da máquina de ensaio e é expressa por :

$$v = \frac{dE}{dt} = \frac{d\ell}{\ell_0 dt} = \frac{d\ell}{dt} \quad (\text{para } \ell_0 = 1) \quad (55)$$

No entanto, quando esta última é constante, pode-se afirmar que a deformação elástica é constante, mas, não para a deformação plástica, pois, substituindo $d\psi_t = \frac{d\ell}{\ell}$ na expressão 54 temos,

$$\dot{\psi}_t = \frac{d\ell}{\ell dt} = \frac{v}{\ell} \quad (56)$$

Isto é, uma velocidade constante, v dividida pelo comprimento varia-

vel $\dot{l}$, que representa uma hipérbole. Por outro lado, para se conseguir uma velocidade de deformação $\dot{\varphi}_t$ constante, devemos alongar o corpo de prova a uma velocidade variável dada por : $V = \dot{\varphi}_t l$ ou $dv = \dot{\varphi}_t dl$ (57).

Mas $l = \int v dt$ ou $dl = v dt$, substituindo em (57) temos

$$dv = \dot{\varphi}_t v dt \text{ ou } \frac{dv}{v} = \dot{\varphi}_t dt \quad (58)$$

Integrando-se, entre l a l_0 , isto é de 0 a t , resulta

$$\int_{l_0}^l \frac{dv}{v} = l \ln \frac{v}{v_0} = \dot{\varphi}_t t \quad (59)$$

ou passando para o exponencial,

$$v = v_0 e^{\dot{\varphi}_t t} \quad (60)$$

Portanto a variação da velocidade da máquina de ensaio para um $\dot{\varphi}_t$ constante, deve ser exponencial em função do tempo .

No entanto, os ensaios que determinam a influência da velocidade de deformação nem sempre obedecem a condição de $\dot{\varphi}_t = \text{constante}$. Principalmente os ensaios mais antigos, tomando por base o $\dot{\epsilon} = \text{constante}$, mas apesar disso, não devem ser desprezados, pois, para pequenas deformações, como na determinação do limite de escoamento, o $\dot{\epsilon}$ é aproximadamente igual a $\dot{\varphi}_t$. ($\dot{\epsilon} = \frac{v}{h_0}$ e $\dot{\varphi}_t = \frac{v}{h}$, para $h_0 \approx h$, $\dot{\epsilon} \approx \dot{\varphi}_t$).

Para dar uma idéia sobre a ordem de grandeza das velocidades de deformações, utilizadas na prática, foi elaborado o seguinte quadro comparativo

	Máquina de ensaio universal		Trafila de arame (ϕ 1 mm)	Laminador a frio ($h = 1$ mm)
V	4 mm/s	40 mm/s	0,2m/s 20 m/s	0,3m/s 30 m/s
$\dot{\epsilon}$ (para $\epsilon \approx 20\%$)	10% /s	100%/s	11800%/s 1180000%/s	13,4%/s 1340%/s
$\dot{\varphi}_t$ (para $\varphi_t \approx 20\%$)	a tração 10-8,1%/s	a tração 100-81%/s	10300%/s 1030000%/s	14,4%/s 14,40%/s
	a compressão 10-13%/s	a compressão 100-130%/s		

Donde se conclue que a diferença de $\dot{\epsilon}$ para $\dot{\varphi}_t$, em relação as velocidades de deformação utilizadas nas trafilas ou laminadores, é praticamente desprezível.

Como as velocidades de deformação compreendem uma faixa muito grande, prefere-se muitas vezes representar sua influência sobre a resistência mecânica do material, num gráfico logarítmico. Por outro lado, só nas velocidades

des muito pequenas, pode-se conservar a temperatura constante, durante a deformação, por isso, ela geralmente é citada nos gráficos que mostram a influência de $\dot{\epsilon}$ ou $\dot{\varphi}_t$.

Por exemplo, a figura 45 mostra como varia resistência a ruptura do cobre e do alumínio em função da velocidade de deformação.

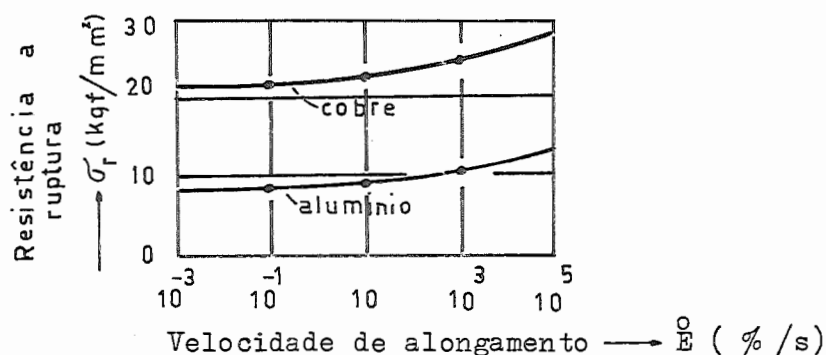


fig.45 - Influência da velocidade de deformação sobre a resistência de ruptura do cobre e alumínio a 20° C (segundo A. Nadai e M. . Maiyone⁵)

Os mesmos autores, Nadai e Maiyone também pesquisaram com o aço 1010/1020, cujos dados podem ser observados na figura 46.

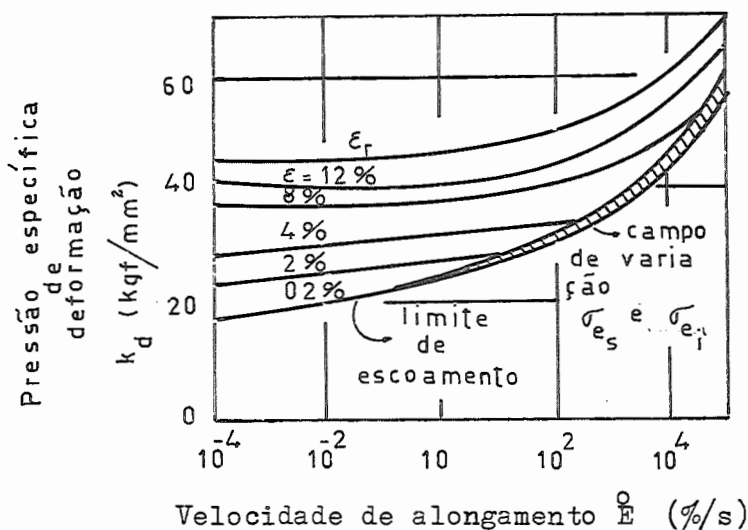


fig.46 - Influência da velocidade de deformação sobre a pressão específica de deformação do aço 1010/20 a 20°C .

Na figura 47 podemos observar o comportamento do chumbo durante a deformação plástica em função da temperatura.

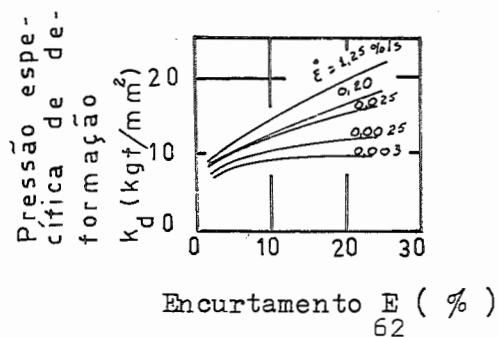


fig. 47 - Influência da velocidade de deformação no ensaio de compressão do chumbo na temperatura do ambiente.

Continuando na influência da velocidade, que até agora só foi estudada para a temperatura do ambiente, passaremos a observar os gráficos de H. Hennecke para os aços carbonos (vide figuras 48 e 49).

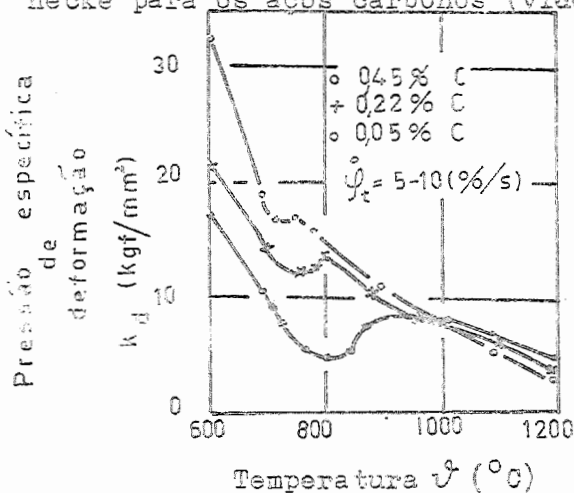


fig.48. Resultados dos ensaios de compressão - de vários aços carbonos para $\varphi_t = 40\%$.

Na figura 48 vemos que as curvas apresentam uma inflexão, que se explica, através do gráfico ferro-carbono, pois, nesta faixa de temperatura, há uma transformação cristalina de ferro α em δ .

No entanto, estes ensaios foram feitos na forjaria, com corpos de prova esbeltos e para desprezar o atrito das faces de apoio, que provocam um estado múltiplo de tensões, analisou-se somente a parte central do material deformado. Portanto estes dados só dão uma idéia do grau de influência dos diversos fatores citados.

P. Ludwik propôs a seguinte expressão para a pressão específica de deformação em função da velocidade :

$$k_d = n \ln \frac{\dot{\varphi}_t}{\dot{\varphi}_0} \quad (61)$$

sendo n um coeficiente a ser determinado experimentalmente. Esta expressão só vale para uma faixa muito estreita de velocidades, por exemplo $\dot{\varphi}_t = 10$ a $2000 \%/s$. Aliás, a expressão de A. Reyto dada por

$$k_d = k_{d0} \left(\frac{\dot{\varphi}_t}{\dot{\varphi}_0} \right)^m \quad (62)$$

também tem esse inconveniente e como o coeficiente é função do material, da temperatura e do encruamento, prefere-se ainda a representação gráfica da curva de encruamento.

O problema consiste então na representação gráfica, pois, a pressão es

pecífica é função de 3 variáveis fundamentais que são : φ_t , $\dot{\varphi}$ e $\dot{\varphi}_t$.

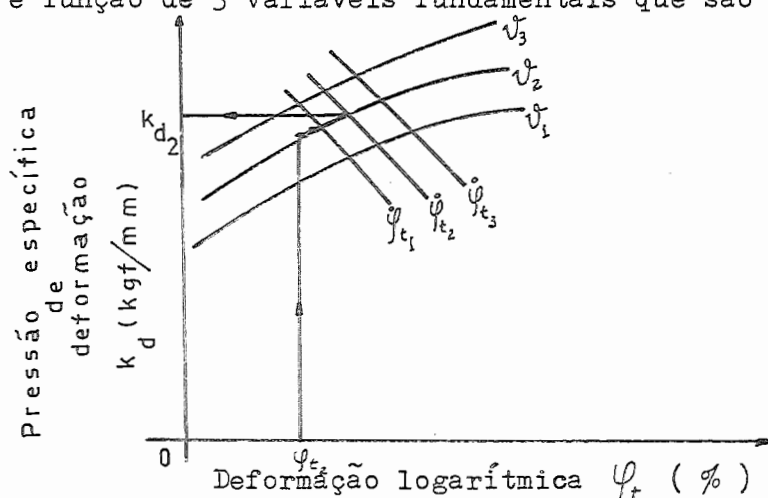


fig. 50 - Curva de encruamento $k_d = f(\varphi_t, \dot{\varphi}, \dot{\varphi}_t)$

A figura 50 mostra a representação gráfica adotada, da função $k_d = f(\varphi_t, \dot{\varphi}, \dot{\varphi}_t)$, na qual a influência da temperatura, continua sendo representado pelas curvas isotérmicas de encruamento, segundo a figura 42, enquanto que as curvas com velocidade $\dot{\varphi}_t$ constante, não têm significado especial e só servem para introduzir a influência da velocidade de deformação na curva de encruamento. Para esclarecer melhor, segue o seguinte exemplo: seja dado a deformação logarítmica φ_t , a temperatura φ_{t_2} e a velocidade $\dot{\varphi}_{t_2}$ de um material, pergunta-se qual é a pressão específica de deformação k_{d_z} . Para tanto segue-se a ordenada por $\dot{\varphi}_{t_2}$ até encontrar a curva da temperatura φ_{t_2} e depois percorre-se a curva isotérmica de encruamento até interceptar a curva de $\dot{\varphi}_{t_2}$. A abcissa correspondente a esta ultima interseção dá a pressão específica desejada.

4.6. Influência do envelhecimento e da fragilidade azul

Certos materiais, como o aço, apresentam uma variação de resistência com o decorrer do tempo, após a deformação plástica, este fenômeno é denominado por envelhecimento. Este geralmente tende a aumentar as características de resistência mecânica do material. Quando o fenômeno tende a diminuir (eliminar) o encruamento ele se define por recuperação (pois tende a recuperar o estado inicial). Por exemplo, o aço de baixo teor de carbono, efervescente, apresenta no seu estado inicial, no ensaio de tração um patamar de escoamento, que é indesejável na conformação plástica dos metais, pois, durante a deformação ocasiona faixas preferenciais de escoamento, conhecidas como linhas de Lueders. O aspecto superficial é prejudicado, devido a formação de rugas. Para evitar isso, deforma-se o material, o suficiente para eliminar o patamar de escoamento.

A figura 51 mostra como varia o gráfico tensão deformação com o en-

cruamento, segundo Griffith, Lenyon e Burns⁶⁾.

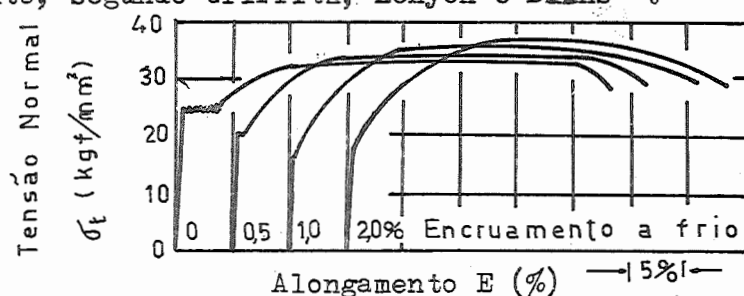


fig. 51. Variação do limite de escoamento com o encruamento do aço 1010/20 efervecete.

Observa-se que o limte de escoamento diminue no início do encruamento, isso se explica pela libertação de discordâncias bloqueadas. Segundo Cottrell⁷⁾, as discordâncias estão bloqueadas por uma nuvem de átomos estranhos no contôrno dos grãos cristalinos, dando uma resistência mecânica elevada. Rompendo-se esta nuvem ela se difunde no meio dos grãos, resultando assim - uma resistência mecânica menor. E Houdremont⁸⁾ no seu livro, cita um ensaio, que é representado na figura 52.

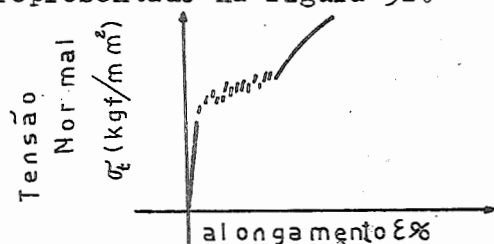


fig. 52.- Detalhes do patamar de escoamento de um aço 1010/20 everfecete segun do E. Houdremont.

Para isso utilizou-se uma velocidade de deformação muito lenta e uma ampliação muito grande para o registro do alongamento. Vê-se então que o patamar é formado por uma curva aparentemente descontínua, pois as quedas - de tensão eram tão violentas que não podiam ser registradas. Por outro lado a nuvem dissolvida pelo encruamento do material tende a se formar novamente com o decorrer do tempo, dando outra vez o patamar de escoamento, é o que chamamos de recuperação.

A temperatura também influe no envelhecimento, a tal ponto que pode provocar um envelhecimento artificial, isto é, o tempo necessário para o processo e então tão pequeno, que dá a impressão de ser nulo.

A fragilidade azul, que os aços apresentam a uma temperatura de 300 a 500° C, se traduz pela diminuição da ductibilidade dos materiais (pode ser constatada pelo ensaio de resiliência). No entanto nesta temperatura, o aço geralmente aumenta sua resistência mecânica como se pode vêr na figura

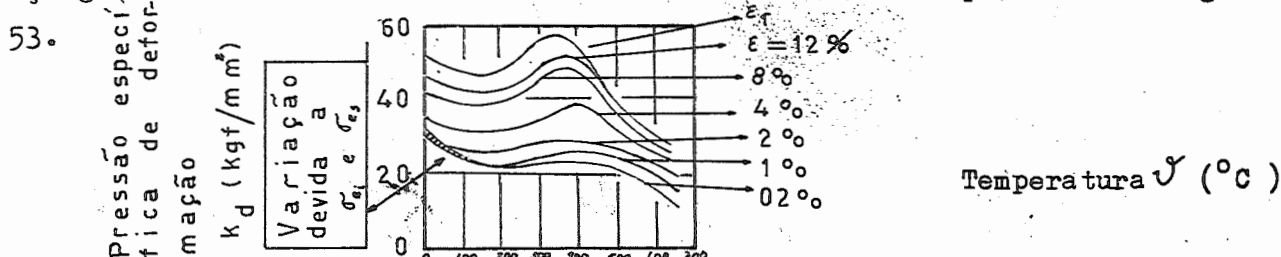


fig.53. Pressão específica de deformação em função da temperatura, para uma velocidade $\dot{\varphi}_t = 50 \text{ \%}/\text{s}$, do aço 1010/20, segundo Manyo⁹⁾.

Pela figura podemos então observar uma faixa de temperatura em que a pressão específica de deformação é relativamente alta é a chamada faixa de fragilidade azul. Esta variação não só foi observada no aço 1010/20 como também em outros aços, inclusive nos aços ligas. A teoria de Cottrell também justifica esta variação de resistência com a temperatura. Com a elevação da temperatura os átomos extranhos, que foram deslocados para dentro dos grãos cristalinos, difundem novamente para os contornos dos grãos, aumentando a resistência a deformação plástica do material. Segundo as experiências de W.H. Reif¹⁰⁾ pode-se perfeitamente observar em detalhes a influência da temperatura no encruamento, vide figura 54.

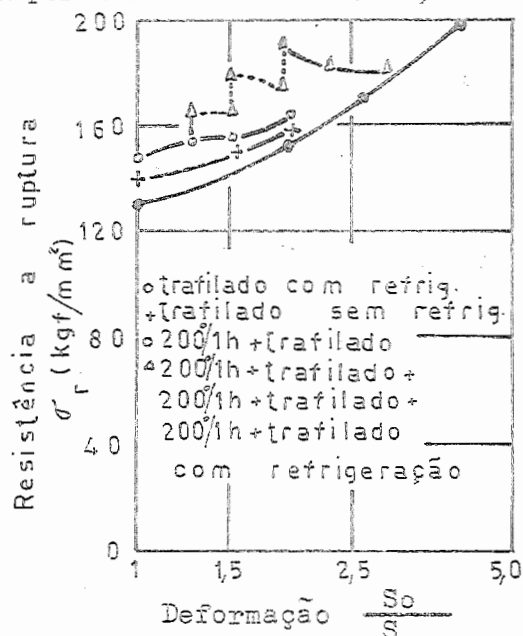


fig.54. Variação do limite de resistência com a temperatura e o encruamento, para o aço carbono com 0,6% C, aca^lmado e patentado

Nestes ensaios trafilou-se o arame uma vez com refrigeração e velocidade de deformação muito lenta e outra vez sem refrigeração e uma velocidade razoável.

Conseguiu-se então com a velocidade muito pequena, trafilara frio. O interessante nessa pesquisa é que existe uma curva de encruamento básica a frio e por meio de simples elevação de temperatura se consegue aumentar a resistência. Uma trafilagem a frio, posterior, obriga o material a adquirir novamente a curva básica de encruamento. Para completar, o pesquisador analisou a mesma sequência de ensaios nos materiais puros, como o alumínio 99 e 99,99%, o cobre eletrolítico e o ferro puro, não encontrando membrana-
variação na curva de encruamento. Confirma-se então, que a variação de resistência com a temperatura depende da presença dos átomos extranhos. O latão no entanto também se comporta como o aço da figura 54.

Em resumo fica difícil representar na curva de encruamento o envelheci

mento, portanto êle só será mencionado quando existe esta possibilidade, mas não o seu grão de influência.

As tensões internas, que aparecem quando se encrua um material também estão ligadas ao envelhecimento, mas só precisam ser consideradas para o aço nas temperaturas mais altas de 500 a 750° C, pois, nesta faixa de temperatura elas tendem a desaparecer.

Aliás esta faixa de temperaturas não se utiliza para o aço em deformações plásticas, pois, não apresenta vantagens.

4.7. Influências da inversão no encruamento e da anisotropia

Comprimindo-se um corpo de prova de um material já encruado por tração, êle começa escoar com uma pressão específica de deformação menor do que no ensaio a tração. Este efeito foi descoberto por J. Bauschinger¹¹⁾ - (efeito Bauschinger) no começo do século XIX e foi comprovado também por outros pesquisadores. Na figura 55 pode-se observar melhor êste efeito. (a justificação teórica esta no parágrafo 2.109).

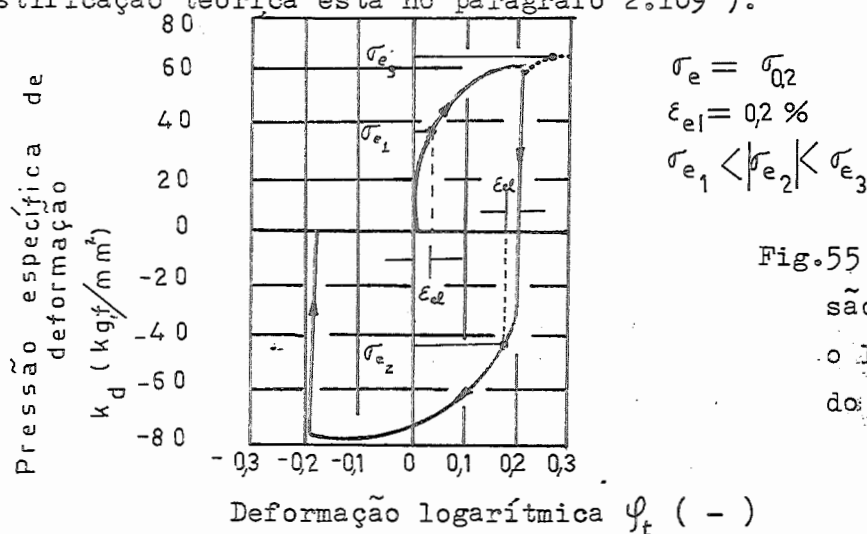


Fig. 55 Influência da inversão do encruamento sobre o limite de escoamento do aço 1045.

Vê-se que a tensão de escoamento diminui com a inversão do esforço solicitante, mas, nas deformações maiores, o encruamento segue novamente a curva de encruamento normal, de um só tipo de solicitação.

Aliás esta última observação pode ser melhor observada na figura 56, a onde W. Pankmen e H. Fritz¹²⁾ mostram o efeito Bauschinger para as grandes deformações plásticas.

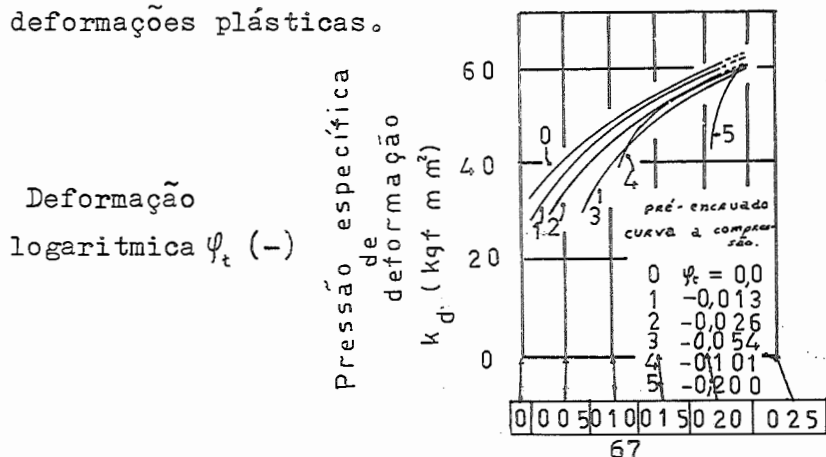


fig. 56. Influência do efeito Bauschinger sobre as deformações relativamente grandes (aço 1045).

As diversas curvas referentes aos diferentes pré-encruamentos mostram que realmente aparece o efeito Bauschinger, mas, para deformações maiores - que 2% ele deixa de existir, no aço 1045. Além disso, os outros materiais, como o 1070, o latão 63 e o Al Mg3, também apresentam curvas análogas aos da figura 29.

Por outro lado, comprôva-se a hipótese levantada por Ludwik¹⁾, que os encruamentos se somam, sejam eles de mesmo sentido ou de sentidos opostos, pois as curvas da figura 56 praticamente coincidem, após uma pequena deformação inicial.

Aliás, Linicius e Sachs¹³⁾, já tinham muito tempo antes das pesquisas de Pankmin e Fritz, comprovado a hipótese de Ludwik. Eles associaram os encruamentos por tração simples de arames com o de trafilção.

Na figura 57 pode-se vêr, com exeção do início do encruamento, que os limites de resistência dos arames pré-trafilados coincidem com a curva de encruamento, quando se leva em conta o encruamento por trafilção.

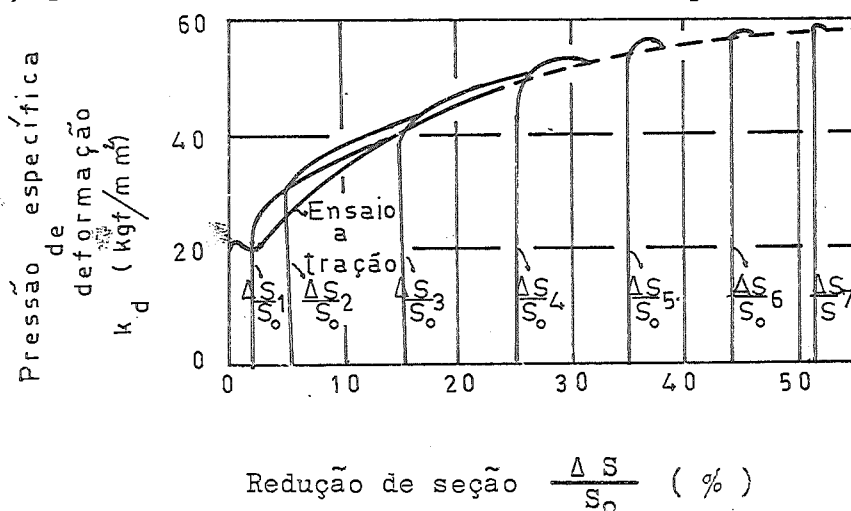


fig.57 Associação do encruamento por trafilção com o de tração - simples, para o aço com 0,04% C e uma fieira com um ângulo de cone de 4°. ($\frac{\Delta S}{S_0}$ - redução de seção por trafilção)

No entanto o ângulo do cone da fieira não pode ser maior que 8° e o encruamento por trafilção como podemos vêr na figura 30 deve ser maior que - 15%. O latão 63 também foi ensaiado por êsse processo, pelos mesmos pesquisadores, dando um resultado análogo.

As discrepâncias entre os encruamentos de trafilção e de tração simples, no início da curva de encruamento, se justificam pela desuniformidade da deformação plástica no arame. Com isso o arame armazena uma série de tensões internas que desfavorecem o posterior escoamento por tração simples.

Outro fenômeno, que aparece nas deformações plásticas em materiais pré-encruados, é a predominância de deformação, em determinadas direções. Os materiais que apresentam estas propriedades chamam-se anisotrópicos. Quan-

do as tensões solicitantes se opõem as tensões internas, o escoamento é dificultado e em caso contrário é facilitado. Mas, esta última consequência representa o efeito Bauschinger, portanto, todas as deformações múltiplas que apresentam tensões internas, estão sujeitos a este efeito.

Para definir o grau de anisotropia de um material define-se o fator R. No ensaio de materiais laminados esse fator é definido por : $R = \frac{\varphi_b}{\varphi_h}$, a onde φ_b e φ_h são as deformações logarítmicas da largura e da espessura do corpo de prova, respectivamente.

Como a deformação φ_h é relativamente difícil de se medir, prefere-se deduzir ela da deformação logarítmica de alongamento $\varphi_h = \varphi_l - \varphi_b$, pois, $\sum \varphi = 0$.

Um fator $R = 1$ corresponde a um material isotrópico, e um $R \neq 1$ um material anisotrópico.

Para a deformação plástica em chapas, prefere-se geralmente um material com $R > 1$, pois, o escoamento deve-se dar de preferência na largura e não na espessura.

Em resumo todas estas influências deste parágrafo devem ser anotadas nas curvas de encruamento, que foram elaboradas por deformações múltiplas e para tanto recomenda-se o seguinte :

Introduzir na curva de encruamento a curva tensão deformação do ensaio complementar, considerando o pré-encruamento, como foi feito na figura 30 .

O fator R também pode ser anotado para cada ensaio, quando se trata de material com seção transversal retangular. Nas deformações simétricas, por exemplo o arame, os perfis quadrados, sextavados e nas barras redondas, o fator R sempre deve ser igual a 1, portanto não precisa ser determinado neste caso.

4.8. Meios para a obtenção das curvas de encruamento

Os meios para ensaiar os materiais ducteis são inumeros, mas, os que realmente interessam, para a elaboração da curva de encruamento, baseiam-se, geralmente num estado simples de tensão. Por outro lado podemos dividir os ensaios em 3 grupos, que são :

- a) Com temperatura e velocidade constantes
- b) Com deformação logarítmica e velocidade constantes
- c) Com deformação logarítmica e temperatura constantes

A maioria dos ensaios são executados na temperatura ambiente, numa velocidade baixa (velocidade da máquina de ensaio universal) e praticamente constante. No entanto, pode-se recorrer, para as outras temperaturas, ao forno especial ou a um recipiente que envolve o corpo de prova, durante o ensaio na máquina.

A influência da velocidade já é mais difícil de ser pesquisada, pois,

exige uma máquina especial de ensaio. Se o ensaio fôr de tração pode-se inclusive aproveitar o ensaio de resiliência, mas, não se deve esquecer, que o corpo de ensaio deve absorver a energia de impulso. Como a deformação neste ensaio é relativamente pequena, a energia do impulso pode então influenciar totalmente o ensaio, possibilitando assim registros falsos.

Para diminuir este inconveniente deve-se reduzir ao máximo a massa a acelerar (principalmente do corpo de prova) e registrar a solicitação no corpo de prova em função do tempo, para poder julgar o tempo do impulso, que deve ser bem menor que o necessário para o escoamento analisado. Uma oscilação na solicitação com o decorrer do tempo indica uma onda de choque, portanto, só após dessa oscilação a solicitação deve ser avaliada. Utiliza-se também materiais intermediários que absorvem em grande parte a energia do choque.

Por causa dêsse inconveniente, prefere-se o ensaio a compressão, e a torção, pois, permitem maiores deformações, portanto a influência do choque é menor. A máquina, com a qual se deforma os corpos de prova a velocidade de deformação e a temperatura constante e geralmente alta, define-se por - plastomecânica.

4.8.1 - Ensaio a tração

O ensaio de tração devido ao seu tipo de solicitação é o ensaio de encruamento que mais se aproxima do estado ideal de tensão simples, quando se exclue a parte final da estrição.

No entanto devem ser observadas, as normas fixadas para este tipo de ensaio, que visam diminuir ou evitar as influências dos engastamentos, do acabamento da superfície, das dimensões e das influências de fabricação do corpo de prova.

Para a determinação da curva de encruamento, utiliza-se de preferência somente a deformação homogênea, isto é, até a estrição por tração.

Como esta deformação é relativamente pequena, E. Siebel¹⁹⁾ e P.W. Bridgman¹⁵⁾ desenvolveram uma expressão, que relaciona o estado triplo de tensão na zona da estrição com o encruamento. Quando aparece uma estrição no corpo de prova formam-se tensões transversais que aumentam a resistência de deformação. Por isso a tensão referida a menor seção transversal da estrição é maior do que a respectiva pressão específica de deformação k_d (vide figura 58).

⊕ Redução de seção $\frac{A S}{S_0}$ ou $\frac{A S}{S}$

Tensão
normal
 σ_t

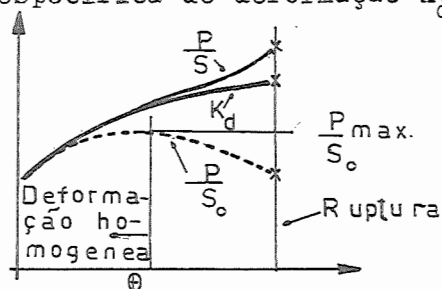


fig. 58 - Comparação entre os diversos critérios, para determinar a tensão resistente no corpo de prova sujeito ao ensaio de tração simples.

Tomando-se um elemento do corpo de prova cilíndrico, sobre a zona da estrição, a uma distância s do eixo do corpo de ensaio, têm-se, segundo Siebel, o seguinte equilíbrio de forças sobre a direção AB (vide figura 59)

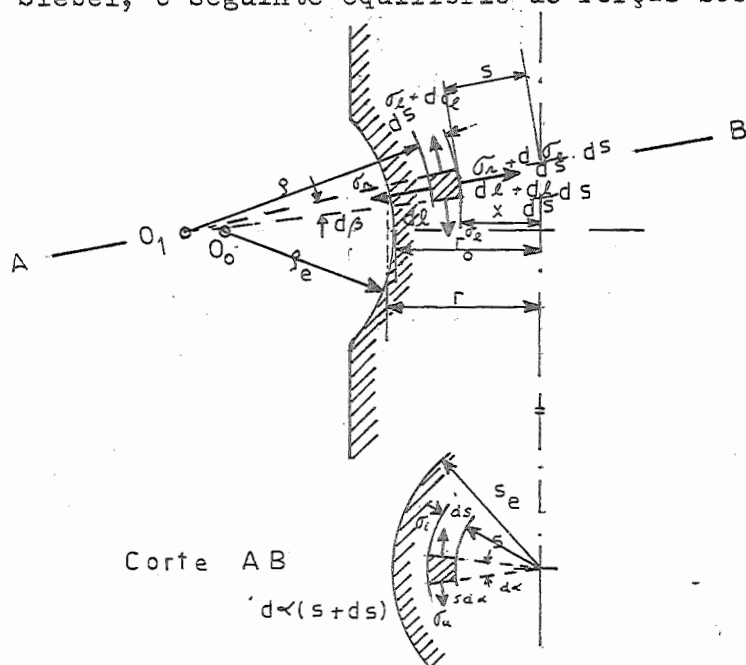


fig. 59. Forças elementares que atuam sobre um elemento do corpo de prova cilíndrico na zona da estrição.

$$\sigma_r \cdot dl(s+ds) d\alpha + (\sigma_e + d\sigma_e) ds(s + \frac{ds}{2}) d\alpha \sin \frac{d\beta}{2} + \sigma_e \cdot ds (s + \frac{ds}{2}) d\alpha \sin \frac{d\beta}{2} - (\sigma_r + \frac{\partial \sigma_r}{\partial s} ds) (dl + \frac{dl}{2} ds) s d\alpha - 2 \sigma_u ds (dl + \frac{dl}{2} ds) \sin \frac{d\alpha}{2} = 0 \quad (63)$$

Dividindo-se tudo por $s d\alpha$, pois $\sin \frac{d\alpha}{2} \approx \frac{d\alpha}{2}$, substituindo-se $\sin \frac{\beta}{2} \approx \frac{dl}{2s}$ e desprezando-se os termos com infinitesimais de 3ª ordem resulta

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial s} = \frac{1}{s} (\sigma_e - \sigma_r) - \frac{1}{s} (\sigma_u - \sigma_r). \quad (64)$$

Más segundo o critério de Tresca, a diferença $\sigma_e - \sigma_r$ representa, a pressão específica de deformação k_d , pois, σ_e é a máxima tensão e σ_r a mínima, devido ela ser nula na superfície de contorno e igual a σ_u no eixo do corpo de prova (vide figura 60)

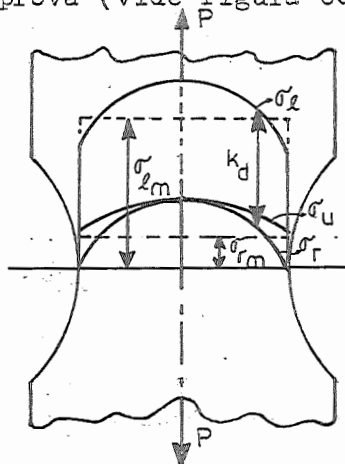


fig. 60. Distribuição das tensões na menor seção transversal da estrição (pelo critério da máxima tensão de cisalhamento)

Portanto a expressão (64) pode ser escrita por

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial s} = \frac{1}{s} k_d - \frac{1}{s} (\sigma_u - \sigma_r) \quad (65)$$

Más, no trabalho de E. Siebel se comprova que a diferença $\sigma_u - \sigma_r$ é desprezível. Por isso, êle determinou as deformações longitudinais e circunferenciais da superfície de contorno da estrição de um corpo de prova - com $d = 16$ mm, de aço 1010/20, que permitem o calculo de σ_u e σ_r .

Por outro lado o raio de curvatura ρ varia de ρ_e até $\rho = \infty$ no eixo do corpo de prova e pode ser expresso pela seguinte função:

$$\rho = \rho_e \left(\frac{s}{s_e} \right)^n \text{ ou para a seção mínima } \rho_{\min.} = \rho_e \left(\frac{r_0}{x} \right)^n \quad (66)$$

Introduzindo-se esta função na igualdade (65) e admitindo-se uma pressão específica de deformação constante, tem-se

$$\sigma_r = \frac{k_d}{\rho_e s^n} \int_s^{s_e} s^{\frac{n}{n+1}} ds \text{ ou } \sigma_{r_0} = \frac{k_d}{\rho_e r_0^n} \int_{r_0}^{r_e} \frac{r^{\frac{n}{n+1}}}{x} dx = \frac{k_d}{\rho_e r_0^n} \frac{r_0^{\frac{n+1}{n+1}} x^{\frac{n}{n+1}}}{\frac{n}{n+1}} \quad (67)$$

Más $\sigma_{\ell} = \sigma_r + k_d$ e o seu máximo se dá no eixo do corpo de prova, donde,

$$\sigma_{\ell_{\max.}} = k_d \left(1 + \frac{r_0}{(n+1)\rho_e} \right) \quad (68)$$

pois, neste caso $x = 0$

A força P , para a seção mínima de estrição πr_0^2 , será então:

$$P = \int_0^{r_0} 2 \pi x \sigma_{\ell_0} dx = \pi r_0^2 k_d \left(1 + \frac{r_0}{(n+1)\rho_e} \right) \quad (69)$$

Para o coeficiente n , que define o grau de crescimento do raio ρ , pode-se, para uma estrição esbelta (caso comum), adotar $n = 1$, portanto

$$P = \pi r_0^2 k_d \left(1 + \frac{r_0}{4\rho_e} \right) \text{ ou } k_d = \frac{P}{S} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r_0}{4\rho_e}} \quad (70)$$

Em resumo, com o mínimo semidiâmetro e o raio de curvatura do contorno longitudinal da estrição, pode-se determinar a continuação da curva de encruamento depois φ_n , de corpos de prova cilíndrico sujeito a tração, até uma redução de seção da ordem de 80% ($\varphi_t \approx 160\%$).

Bridgman por raciocínio análogo ao de Siebel, apresenta um coeficiente corretivo C , que leva em conta o estado triplo de tensões na estrição em corpos de prova cilíndricos, para o cálculo da pressão específica de deformação a partir da tensão aparente $\sigma_{\ell} = \frac{P}{S}$.

Donde

$$k_d = \frac{\sigma_{\ell}}{\left(1 + \frac{2\rho_e}{r_0} \right) \ln \left(1 + \frac{r_0}{2\rho_e} \right)} \quad (71)$$

Da mesma forma Bridgman conseguiu também deduzir um fator corretivo para a estrição em corpos de prova de seção retangular (de chapas laminadas), que é o seguinte.

$$k_d = C \cdot \sigma_2, \text{ sendo } C = \left\{ \left(1 + \frac{2 \rho_e}{r_o} \right)^{1/2} \ln \left[1 + \frac{r_o}{\rho_e} + \left(\frac{2 r_o}{\rho_e} \right)^{1/2} \left(1 + \frac{r_o}{2 \rho_e} \right)^{1/2} \right] - 1 \right\} - 1 \quad (72)$$

No entanto admite-se que a estrição só se verifica na largura da tira de ensaio.

Em todo caso prefere-se mais o processo de preencruamento por laminação, para os materiais laminados planos. Este processo consiste em encruar diversos corpos de prova por laminação com diferentes graus de encruamento, para depois serem rompidos na máquina de tração. Naturalmente o pré-encruamento deve ser considerado na curva de encruamento como foi feito na figura 57, para os arames. Convém ainda anotar na curva o fator R da anisotropia, que também pode ser determinado, por este último ensaio.

4.8.2 - Ensaio de compressão

A prática demonstra que é perfeitamente possível, deformar cilindros de material dúctil até uma altura de 4 vezes o diâmetro, sem o inconveniente da flambagem. Aproveitando esta possibilidade, G. Sachs, ensaiou diversos corpos de prova de cobre, a compressão simples, cujos resultados serviram para a elaboração do gráfico tensão encurtamento da figura

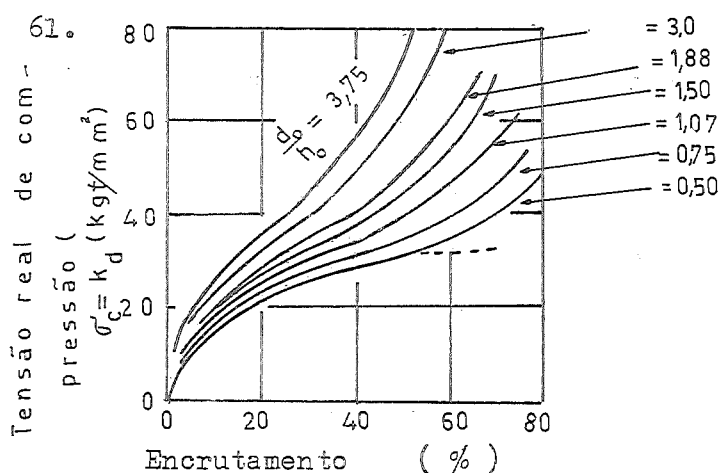


fig.61 Gráfico de tensão-deformação de corpos cilíndricos de cobre, a compressão. (a curva tracejada corresponde ao ensaio de tração)

Vê-se pela figura que os corpos de prova com a altura maior ($\frac{d_o}{h_o} = 0,5$) se aproximam mais da curva obtida por tração, do que as de menor altura. Isto se explica pelo atrito das faces de apoio, que para $\frac{d_o}{h_o} = 0,5$ prejudicam menos o escoamento uniforme pela compressão. Aliás, esta observação também pode ser constatada pelo abaulamento da superfície cilíndrica do corpo de prova deformado. Siebel teve então a idéia de calcular este atrito como segue.

De acordo com a figura 62, para o prisma elementar escorregar radialmente ele deve vencer o atrito elementar $2 \mu dQ = 2 \mu k_d \times \alpha dx$ (73).

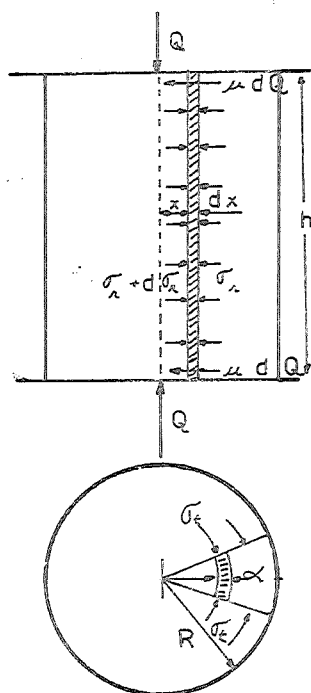


fig.62. Corpo de prova cilíndrico solicitado a compressão.

cujo valor médio é $\sigma_{cm} \approx \frac{1}{\pi r^2} \int_0^r 2\pi x dx k_d \left[1 + \frac{2\mu}{h} (r - x) \right] = k_d \left[1 + \frac{2}{3} \mu \frac{r}{h} \right]$ (78)

Porém, convém observar que o atrito elementar, dado pela expressão 73 se refere a k_d , que a rigor deveria ser σ_{cm} , mas como o atrito deve ser o mínimo possível, pode-se desprezar esta influência.

Em resumo para excluir o termo de atrito, deve-se adotar um cone de apoio, para cada extremidade, cujo ângulo α permite anular o coeficiente μ pois, $\mu = \tan(\beta - \alpha)$.

A prática demonstra que um ângulo de 3° já satisfaz plenamente, quando as superfícies de contato são lisas e lubrificadas. Para um ângulo exagerado, o corpo de prova adquire durante a deformação plástica, uma forma externa semelhante a da estrição do ensaio de tração. Consegue-se assim pelo controle da superfície cilíndrica de contorno, determinar o ângulo α necessário, para uma deformação homogênea no corpo de prova.

Atualmente recorre-se também ao material dúctil de baixa temperatura de recristalização, por exemplo o chumbo, para servir de apoio intermediário. Como esse material não encrua ele escôa facilmente e forma uma lente nos apoios do corpo de prova, durante o ensaio. Estas lentes praticamente equivalem aos cones de apoio, quando sua espessura for suficiente. Pode-se também utilizar materiais sintéticos, como o Teflon, que devido as suas propriedades de baixo coeficiente de atrito, tornam a lubrificação superflua.

Como o prisma elementar deve estar em equilíbrio temos a seguinte somatória de forças.

$$2\mu k_d x dx = x h (\sigma_r + d\sigma_r) - \alpha (x+dx) h \sigma_r + \alpha h dx \sigma_t \quad (74)$$

Más, σ_t e σ_r são relativamente pequenos e praticamente iguais, portanto pode-se admitir $h dx \sigma_r \approx h dx \sigma_t$, donde $2\mu k_d dx \approx h d\sigma_r$ ou $d\sigma_r \approx 2 \frac{\mu k_d}{h} dx$ (75)

Integrando-se esta expressão de x a r têm-se

$$\sigma_r \approx \int_x^r 2\mu \frac{k_d}{h} dx = 2\mu \frac{k_d}{h} (r - x). \quad (76)$$

No entanto pelo critério da máxima tensão de cisalhamento, resulta para a tensão de compressão σ_c

$$\sigma_c = k_d + \sigma_r \approx k_d \left[1 + \frac{2\mu}{h} (r - x) \right] \quad (77)$$

Apesar de todos estes cuidados construtivos e de lubrificação, não se deve ultrapassar a relação $\frac{d_o}{h_o} = 1$, pois, caso contrário, como se pode ver na figura 34, a influência dos apoios passa a ser muito grande.

A norma alemã V D I fixa para $\frac{d_o}{h_o}$ a relação $\frac{20}{40}$, portanto igual a 0,5 e permite uma deformação máxima de 50%. Para se conseguir deformações maiores, deve-se recorrer a associação de vários corpos já encruados, usinados novamente para o diâmetro inicial de 20mm.

Por outro lado não se deve desprezar a dureza das placas de apoio do corpo de prova, do equipamento de ensaio, que deve ser bem alta para as placas não apresentarem deformações permanentes, durante a experiência.

Como todo material ductil apresenta uma deformação elástica durante a solicitação de carga, que é diretamente proporcional ao módulo de elasticidade E , deve-se escolher um material de apoio que tenha o maior E , quando se deseja a menor deformação.

Devido o ensaio de compressão necessitar um dispositivo especial para garantir o perfeito paralelismo e centragem dos apoios, pode-se aproveitar nesta construção, fazendo-se os apoios de metal duro.

Além dos ensaios em cilindros interiores, pode-se também comprimir uma pilha de discos de chapa, portanto pode-se também determinar a curva de encruamento para a chapa, pelo ensaio de compressão. (vide figura 63).

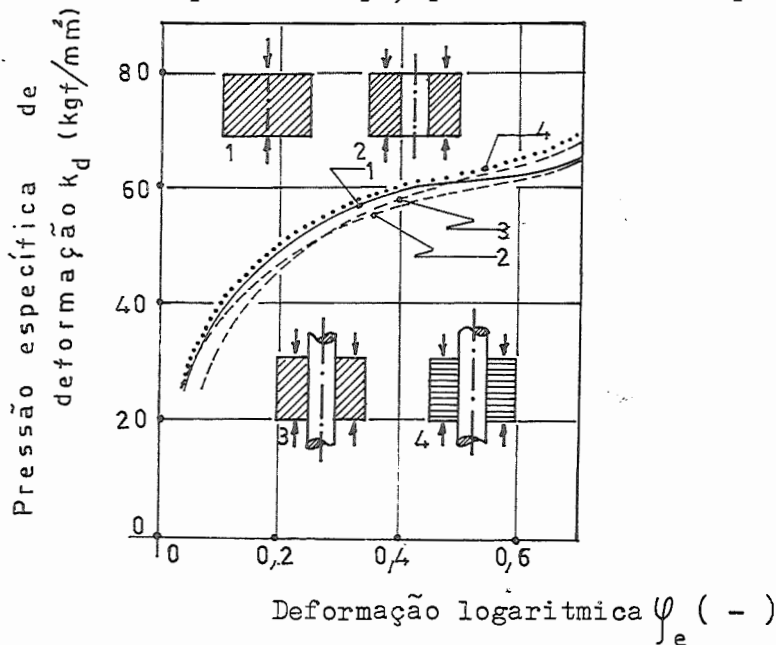


fig.63 - Curvas de encruamento do aço com 0,10% C ; 0,16Si ; 0,49Mn; 0,017% P e 0,032 S, obtidas por diversos processos. (segundo O. Pawelski¹⁶)

Nesta figura observa-se, que os diversos processos utilizados dão praticamente o mesmo resultado.

4.8.3. Ensaio de compressão prismática

A. Nadai¹⁷⁾ e E. Orowan¹⁸⁾ propuseram, para a determinação da curva de encruamento, o ensaio de compressão prismática (indentation-test), que pode ser visto na figura 64.

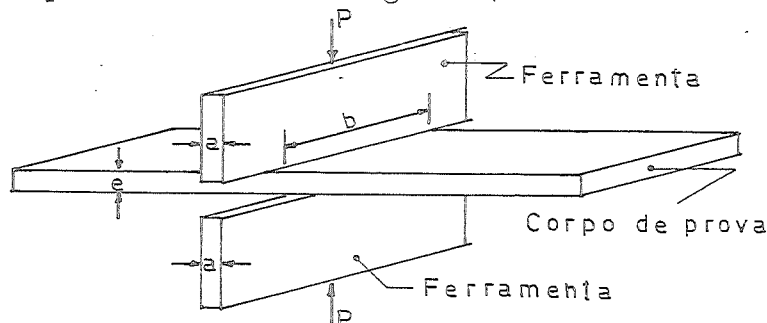


fig.64 Ensaio de compressão prismática.

No entanto, segundo A. B. Watts e H. Ford¹⁹⁾, precisa-se ter, uma relação entre largura e espessura, $\frac{b}{h}$, maior que 6, para a deformação ser considerada plana.

Para o corpo de prova apresentar uma deformação homogênea, durante a compressão, deve-se satisfazer, de acordo com R. Hill²⁰⁾ a relação inicial $\frac{e}{a} \gg 1$ para materiais espessos e segundo A.P. Green²¹⁾, a relação inicial $\frac{e}{a} \ll 1$, para materiais que seguem a teoria da plasticidade. Estes dois pesquisadores determinaram para a relação $\frac{e}{a}$, variando de 0 a 1, as respectivas linhas de fluências, obedecendo naturalmente as condições de contorno do corpo de prova, no início do escoamento. Relacionando-se a pressão específica de compressão, dado por $p = \frac{P}{ab}$, com k_d , têm-se um valor característico, que independe do material e é função somente das condições geométricas.

Na figura 38 temos representados os resultados de todas estas hipóteses e alguns casos práticos.

Vê-se que há uma boa correspondência, portanto pode-se a partir desta determinar a curva de encruamento, quando se torna para $\varphi_c = \ln \frac{e_0}{e}$ e para k_d a pressão específica p de acordo com a relação p/k_d da figura 65. Note-se, que para uma relação $\frac{e}{a} \ll 1$, a pressão específica de deformação $k_d = p = \frac{P}{a \cdot b}$. Ademais os outros resultados dos ensaios com um $\frac{e}{a} > 1$, são menos influenciados pelo atrito das superfícies de apoio, no entanto a deformação deixa de ser homogênea para os valores grandes de $\frac{e}{a}$. Geralmente este tipo de ensaio é executado para uma relação inicial $\frac{e}{a} = 0,5$ a 1, com uma boa lubrificação, e como esta relação não deve diminuir com a deformação recorre-se a uma ou

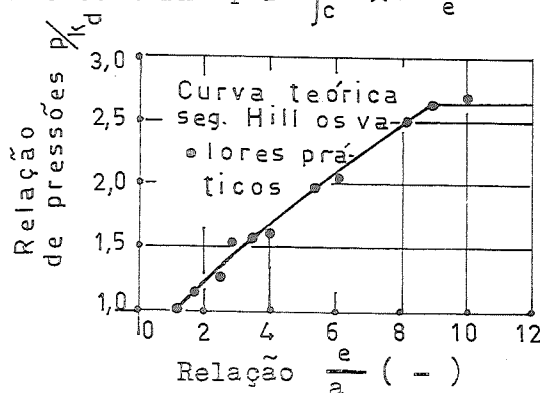


fig. 65 - Relação das pressões, em função da relação $\frac{e}{a}$, para o aço 1010/20.

tra ferramenta com uma largura a menor. Portanto, este processo é muito trabalhoso, mas em compensação apresenta pouca variação da pressão específica de deformação em função da relação $\frac{e}{a}$. Por exemplo, para o aço 1010/20, a variação máxima de k_d é de 7%, quando a relação $\frac{e}{a}$ varia de 0,5 a 1.

4.8.4. Ensaio a torção

No ensaio a torção de corpos de prova cilíndricos mede-se o momento de torção em função do ângulo de torção θ . Pode-se então determinar a tensão de cisalhamento τ em função da distorção γ da seguinte maneira:

Admite-se, que durante a deformação, permanecem planas as seções transversais do corpo cilíndrico, que o comprimento do corpo de prova é invariável e o material apresenta-se isótropo. Conhecendo-se a distribuição da tensão de cisalhamento ao longo do raio do corpo do cilíndrico e definindo-se a distorção por unidade comprimento $\gamma_r = \frac{d\beta}{dl}$, tem-se (vide figura

$$66) M_t = 2 \pi \int_0^r \tau \rho^2 d\rho \quad (79)$$

$$\text{Más, } \rho d\beta = \gamma_r dl$$

$$\text{ou } \int \gamma_r = \gamma \quad (80)$$

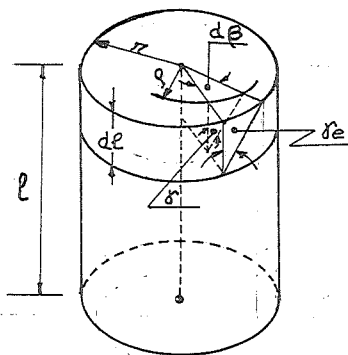
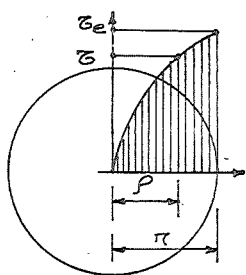


fig. 66 Cilindro a deformação por torção (segundo A. Nadai¹⁷⁾)

Diferenciando-se esta expressão e substituindo-os seus resultados na equação (79), tem-se

$$M_t = \frac{2 \pi}{\gamma_r^3} \int_0^{\gamma} \tau \gamma^2 d\gamma \quad (81)$$

a onde γ se refere a distorção medida na superfície de contorno do cilindro que é igual a $r \gamma_r$.

Más, geralmente pretende-se determinar a função $\tau_e = f(\gamma_e)$, para tanto, pode-se diferenciar a equação (81) em relação aos limites da integral, por tanto,

$$\frac{d(M_t \gamma_r^3)}{d \gamma_r} = 2 \pi r^3 \tau_e \gamma_r^2$$

$$\text{ou } \tau_e = \frac{d(M_t \gamma_r^3)}{2 \pi r^3 \gamma_r^2 d \gamma_r} = \frac{1}{2 \pi r^3} \left(3 M_t + \gamma_r \frac{d M_t}{d \gamma_r} \right) \quad (82)$$

Aplicando-se agora o criterio de Tresca, tem-se para $k_d = 2\zeta_e$ e para $\varphi_t = \frac{\zeta_e}{2}$, pois, o trabalho elementar de distorção na camada periférica é $dA = \zeta d\varphi$ que igualando ao da deformação por tração ou compressão simples $dA = k_d d\varphi$, dá $d\varphi = \frac{d\zeta}{2}$ ou para o contorno $\varphi_t = \frac{\zeta_e}{2}$.

Em resumo vê-se, que a deformação varia de zero no eixo do cilindro - até um valor máximo $\varphi_t = \frac{\zeta_e}{2}$ no contôrno do mesmo, portanto ela é bastante desuniforme.

Más, como neste tipo de ensaio se consegue obter facilmente grandes - deformações plásticas, êle também tem seu valor, ainda mais, quando é aplicado em tubos.

4.8.5. Ensaio de flexão.

Flexionando-se uma barra prismática de seção retangular com um momento $M_f = \text{cte.}$, independente de distâncias de referências, do deslocamento da linha neutra e da largura da barra, têm-se segundo a figura 47.

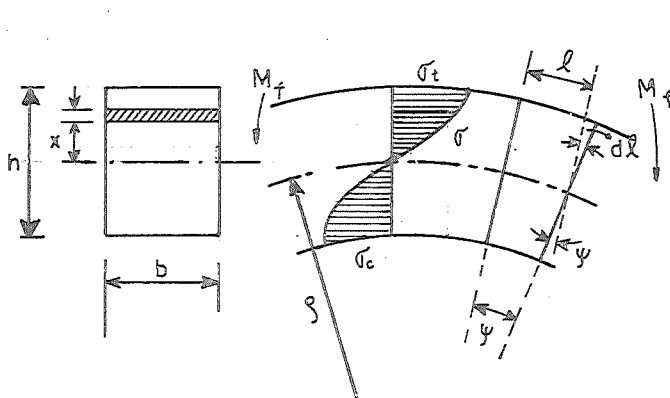


fig. 67 Barra prismática a flexão.

stituindo na expressão (83) dá

$$\int_{-\epsilon_1}^{\epsilon_2} \int b \sigma d\epsilon = 0 \quad (84)$$

$$e \quad M_f = \int_{\epsilon_1}^{\epsilon_2} \int b \sigma \epsilon d\epsilon$$

Diferenciando-se a primeira equação das expressões (84), e lembrando que $\sigma = f(\epsilon)$, resulta :

$$\sigma_1 d\epsilon_1 = \sigma_2 d\epsilon_2 = \sigma d\epsilon \quad (85)$$

$$\text{Por outro lado } \psi = \frac{l}{\int} = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{h} \quad \text{ou} \quad \int = \frac{h}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \quad e \quad \psi = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2)}{h} l$$

que substituindo na expressão de M_f , dá:

$$M_f \psi^2 = b l^2 \int_{\epsilon_1}^{\epsilon_2} \sigma \epsilon d\epsilon \quad (86)$$

Diferenciando-se esta expressão em função de seus limites, tem-se:

$$\frac{d(M_f \psi^2)}{d\psi} = b l^2 \left(\sigma_2 \epsilon_2 \frac{d\epsilon_2}{d\psi} + \sigma_1 \epsilon_1 \frac{d\epsilon_1}{d\psi} \right) \quad (87)$$

Más, $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \frac{\psi h}{l}$, donde $d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2 = \frac{h}{l} d\psi$, que com a igualdade (85), fornece

$$d\varepsilon_1 = \frac{h}{l} \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} d\psi \quad \text{e} \quad d\varepsilon_2 = \frac{h}{l} \frac{\sigma_1}{\sigma_1 + \sigma_2} d\psi \quad (88)$$

Substituindo na expressão (87), tem-se :

$$\frac{d(M_f \psi^2)}{d\psi} = b h^2 \frac{\sigma_1 \cdot \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} \psi \quad (89)$$

Como $\sigma = \sigma$, pois, a linha neutra coincide com a linha média da barra a expressão (89) passa a

$$\frac{dM}{d\psi} (\psi^2) = 2 M \psi + \psi^2 \frac{dM_f}{d\psi} = \frac{b h^2 \sigma_1}{2} \psi$$

ou finalmente

$$k_d = \sigma_1 = \frac{2}{b h^2} (2 M_f + \psi \frac{dM_f}{d\psi}) \quad (90)$$

$$\text{com } \psi = \frac{2 \varepsilon_1 l}{h}$$

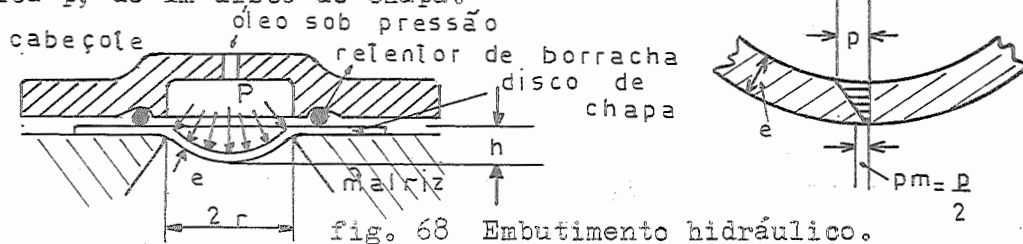
A deformação logarítmica $\psi = l \ln(1 + \varepsilon)$ e varia linearmente da linha neutra, a onde ela é nula, até a superfície de contorno com $\psi_t = l \ln(1 + \varepsilon_1)$.

Este processo não permite tão grandes deformações como o de torção e têm também a desvantagem da deformação desuniforme, sendo assim pouco empregado. Aliás, ainda fornece uma pressão específica de deformação, muito baixa. (praticamente a metade do k_d obtidos pelos outros processos)

4.8.6. Ensaio de embutimento hidráulico.

Este processo foi desenvolvido por W. Pankwin e da resultados bem próximos dos de tração e de compressão.

Consta êle no seguinte, vide figura 68, no embutimento por pressão hidráulica p , de um disco de chapa.



A força que atua neste embutimento, dada por $p \pi r^2$ deve ser suportada pela seção resistente da chapa, cuja área é $2 \pi e r$, portanto:

$$p \pi r^2 = \sigma_t 2 \pi e r \quad (91)$$

$$\text{ou} \quad \sigma_t = \frac{p r}{2 e}$$

Como as tensões σ_t e σ_r são relativamente pequenas e praticamente iguais, pode-se admitir $\sigma_t = \sigma_r$. Além disso, a tensão radial varia, se -

gundo a figura 41 de zero a p , dando um valor médio $\bar{\sigma}_r \approx -\frac{p}{2}$

Aplicando-se o critério de Tresca, tem-se:

$$k_d = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} \approx \frac{p \cdot r}{2 \cdot e} + \frac{p}{2} \approx \frac{p}{2} \left(\frac{r}{e} + 1 \right) \quad (92)$$

Para a deformação logarítmica, adota-se a variação de espessura, dando $\varphi_t = \ln \frac{e_0}{e}$, pois ela é a única que decrece, portanto é a principal.

4.8.7. Comparação dos diversos processos

Para dar uma melhor possibilidade de crítica, quanto a precisão dos diversos processos de ensaios utilizados para a elaboração da curva de encruamento, temos os seguintes gráficos comparativos das figuras 69 e 70.

Como a curva de encruamento depende do critério adotado, que por conveniência é geralmente o de Tresca, deve-se verificar para cada processo de ensaio, qual dos critérios satisfaria melhor o escoamento.

Para transformar uma curva de encruamento, dada pelo critério de Tresca, em uma dada pelo critério de Huber-Henky-Mises as vezes é suficiente corrigir somente a deformação logarítmica, por exemplo $\bar{\varphi}_t = 1,15 \varphi_t$ no ensaio a tração de tiras de chapa pré-encruadas por laminação.

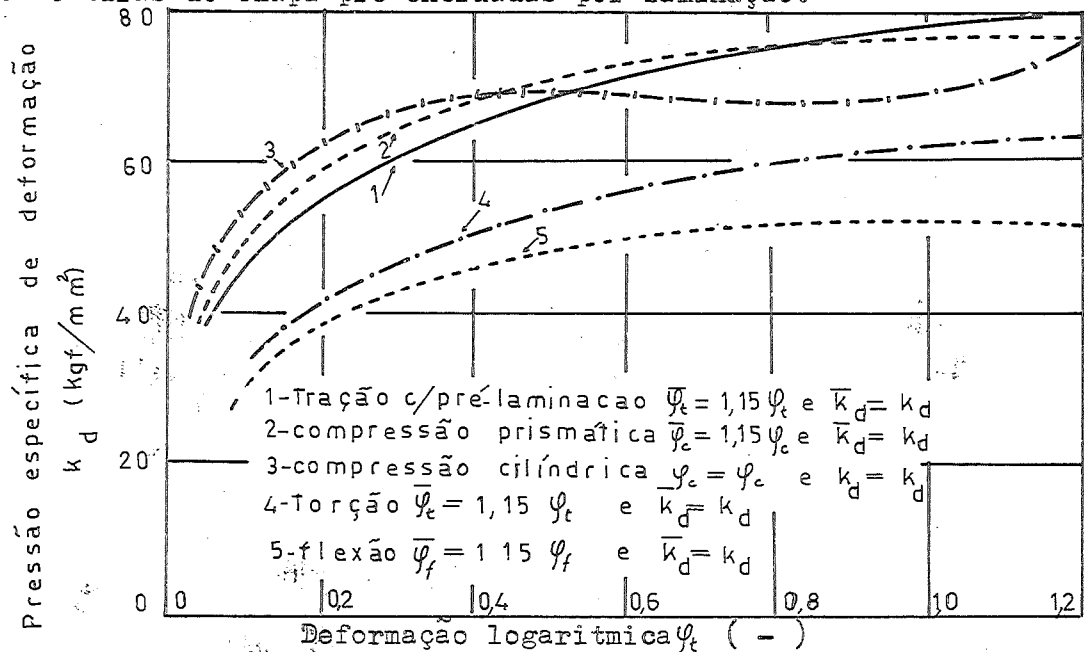


fig. 69. Comparação de curvas de encruamento para o aço 1010, pelo critério de Huber-henky e Mises.

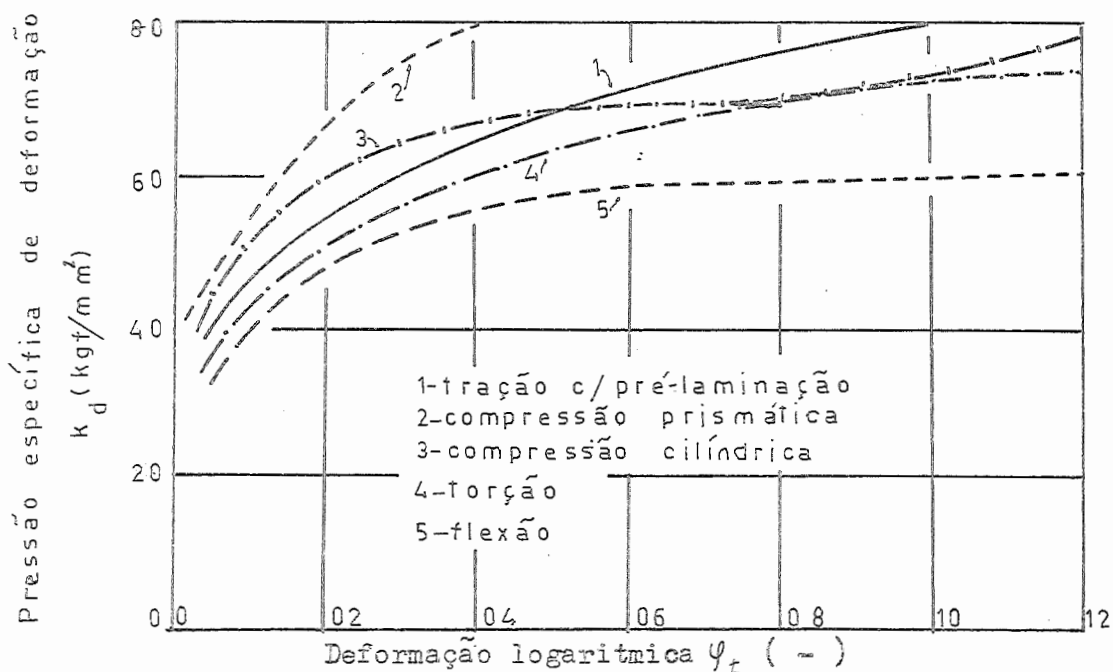


fig.70 Comparação de curvas de encruamento para o aço 1010, pelo critério de Tresca.

Pela comparação das curvas características, podemos ver que o ensaio a flexão é o menos indicado para a obtenção das curvas de encruamento, seguindo o ensaio a torção, pois, estes processos dão uma pressão específica de deformação muito baixa, principalmente quando se emprega o critério de Mises. O ensaio de compressão prismático, no entanto, dá uma curva que coincide com a maioria das curvas, quando se aplica o critério de Mises.

Para o ensaio de embutimento faltaram dados comparativos do aço em questão (das figuras 42 e 43), mas em relação a outros materiais ele dá uma curva praticamente coincidente (levemente superior) a do ensaio 1. Em resumo pode-se adotar como curva de encruamento, as curvas obtidas pelos ensaios 1; 2 (somente pelo critério de Mises); 3; 4 e o de embutimento hidráulico.

Assim sendo a variação é da ordem de mais ou menos 5%. No entanto, convém lembrar que os outros materiais, além do aço 1010, também confirmam as mesmas tendências de variação quanto ao tipo de ensaio.

4.8.8. Ensaio de materiais frágeis.

Quando se trata de fragilidade, refere-se geralmente ao comportamento frágil que certos materiais têm no ensaio a tração. Em 1908, o pesquisador Kick conseguiu pela primeira vez comprovar a teoria do geólogo Hein, de 1878, que as pedras se deformam quando estão sujeitos a compressões por todos os lados.

Desta forma ele conseguiu deformar Salgema, Gesso e Esteatite. Karman²³⁾ e outros conseguiram deformar, por exemplo o Marmore, outras pedras e cristais quebradiços.

Segundo Mohr, estes materiais obedecem os seguintes círculos, cujas - curvas de contôrno, representados na figura 71, dão os limites de ruptura.

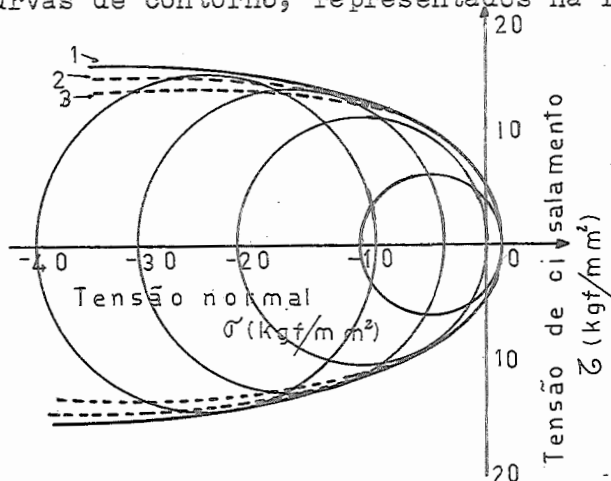


fig. 71. Círculo de Mohr para o Mármore, segundo Böker

- 1 - pré-encruamento $\varepsilon = 0,25 \%$
- 2 - pré-encruamento $\varepsilon = 0,5 \%$
- 3 - pré-encruamento $\varepsilon = 1,0 \%$

Como as deformações são relativamente pequenas, pode-se dizer que as curvas da figura 72 representam curvas de encruamento. No entanto não devemos esquecer que as curvas se referem a um material frágil, portanto elas não têm propriedades análogas a dos materiais ducteis.

Na figura 73, temos os resultados dos ensaios de Böker²⁴⁾, do mármore sujeito a uma compressão radial maior do que a axial.

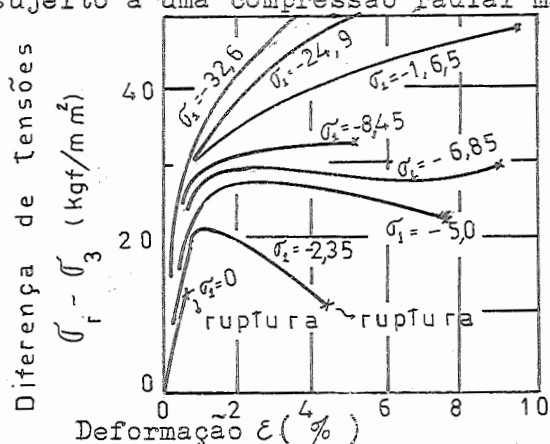


fig. 72 Curvas de escoamento de mármore, segundo Karman

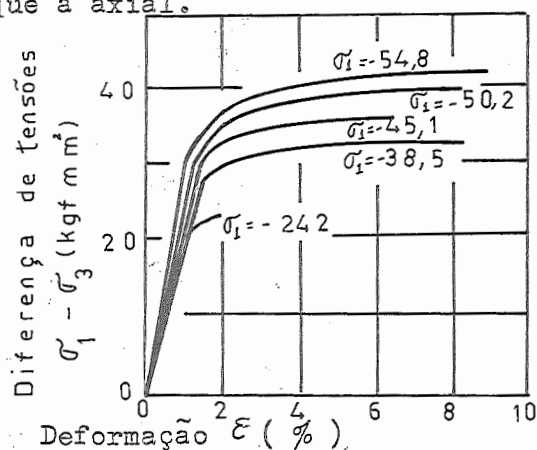


fig. 73 Curvas de escoamento do mármore, segundo Böker

Um dispositivo interessante propõem Pawelski²⁵⁾, para deformar os materiais frágeis, como se pode ver na figura 74.

Molda-se o corpo de prova num material ductil, que apresenta uma baixa pressão específica de deformação e de preferência um baixo índice de encruamento, por exemplo o chumbo ou o alumínio.

Em seguida comprime-se êste conjunto moldado no dispositivo da figura 74, até que o material ductil escoar pelos furos da base intermediária.

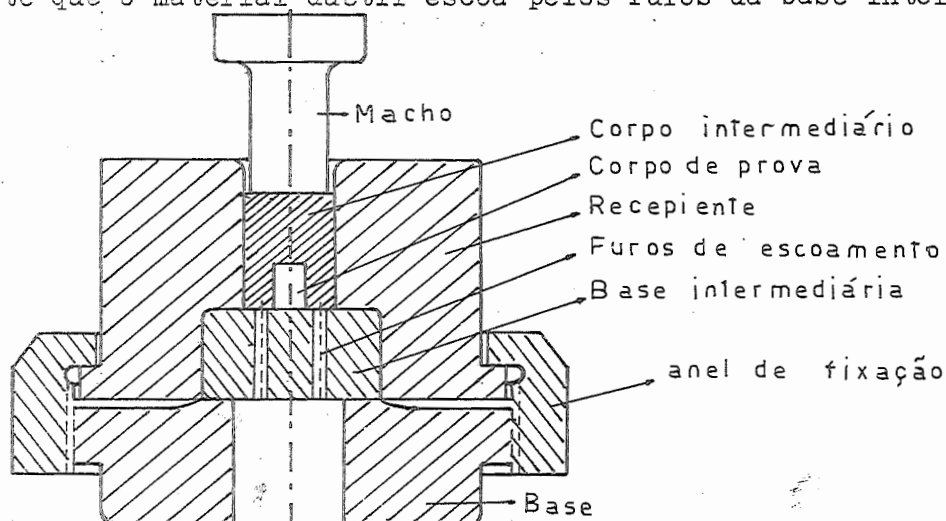


fig. 74. Dispositivo para a deformação de materiais frágeis.

Naturalmente os furos devem permitir somente o escoamento suficiente, para o material intermediário apresentar a pressão hidrostática aparente, necessária para deformar o corpo de prova frágil.

Com isto o autor conseguiu deformar o ferro fundido e o aço temperado com um grau de deformação de aproximadamente 50 %.

4.9. Bibliografia.

- 1) Ludwik, P. : Elemente der technologischen Mechanik ed Julius - Springer, Berlin (1909).
- 2) Panknin, W.: Die Grundlagen des Tiefziehens im Anschlag unter - besonderer Berücksichtigung der Tiefziehprüfung.
Forschungsberichte zur spanlosen Formgebring ed Michael Triltsch Verlag, Düsseldorf.
- 3) Honda, K.: Y. Tron Steel Inst. 109 (1924) pag 313/322
- 4) Post, C.B. e W.S.Eberly: Stability of Austenite in Stainless Steels. American Society for Metals (1947) vol. 39 pag. 868/890.
- 5) Manjoine, M.Y. e Nadai, A.: High-Speed Tension Test Elevated Temperatures. Proc. Americ. Soc. Testing. Materials 40. (1940) pag. 822/839.
- 6) Griffith, R.D., R.L. Lenyon e R.S. Burns: The Ageing of Mild Steel Sheets. Yearbook American Tron and Steel Inst. vol.23 (1933) pag. 142/165.
- 7) Cottrell, A.H. Dislocations and plastic flow in crystals, Oxford (1953) pag. 139/147.

- 8) Houdremont, E.: Handbuch der Sonderstahlkunde (1956) - Springer Verlag.
- 9) Manjoine, M.J. : Journal appl. Mech 66 (1944) serie A pag. 211/218
- 10) Reif, W.H. Über anormal Änderung der Festigkeit beider Kaltverformung. Dissertação (1963 na T U- Berlin.
- 11) Bauschinger, J.: Über die Veränderung der Elastizitätsgrenze und des E.-Moduls verschiedener Werkstoffe. Ziviling. 27 (1881) pag. 299/348.
- 12) Panknin, W. e Fritz, H.: Der Einfluss einer Umkehr der Verformungsrichtung auf die Formänderungs festigkeit von metallischen Werkstoffen. Draht (1967) nº 1 pag. 1/6.
- 13) Sachs, G.: Handbuch der Metallphysik. vol III (1937) pag. 22 e - (1944) pag. 145/152.
- 14) Siebel, E.: Zur Mechanik des Zugversuchs. Archiv für das Eisenhüttenwesen vol. 19.
- 15) Bridgman, P.W.: Trans. Amer. Soc. Metals. 32 (1944) pag. 553.
- 16) Pawelski, O.: Über das Stauchen von Hohlzylinder und seine Eignung zur Bestimmung der Formänderungs festigkeit dünner Bleche. Archiv Eisenhüttenwesen. vol. 38 (1967) pag. 437/442.
- 17) Nadai, A.: Plasticity New York, London (1931).
- 18) Orowan, E.: Proc. Inst. mech. Eng. vol. 149 (1943) pag. 150/152.
- 19) Watts, A.B. e H.Ford.: Proc. Inst. mech. Eng. 1 B (1952/53) pag. 448/464.
- 20) Hill, R.: The Mathematical Theory of Plasticity Oxford. 1950.
- 21) Green, A.P.: Philos. Mag. 42 (1951) pag. 900/918.
- 22) Panknin, W. Der hydraulische Tiefungsversuch und die Ermittlung von Fließkurven. Dissertação T.H. Stuttgart (1959).
- 23) Karman, T. von: Festigkeitsversuche unter allseitigen Druck. Z. VDI. vol. 55 (1911) pag. 1749/57.
- 24) Bökler, R: Die Mechanik der bleibenden Formänderung in kristallinisch aufgebauten Körpern. Forschungsarbeit. cad. 175/76 (1915).
- 25) Pawelski, O.: Hydrostatisches Stauchen, ein neues Verfahren zur Formgebung schwer umformbarer Werkstoffe. Industriekurier, Technik und Forschung (1967) cad. 170. pag. 682/686.

$\frac{l}{L} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
1, 0 1	0, 0 0 9 9	1, 0 0 5	0, 0 1 0
1, 0 2	0, 0 1 9 8	1, 0 1 0	0, 0 2 0
1, 0 3	0, 0 2 9 6	1, 0 1 5	0, 0 2 9
1, 0 4	0, 0 3 9 2	1, 0 2 0	0, 0 3 8
1, 0 5	0, 0 4 8 8	1, 0 2 5	0, 0 4 8
1, 0 6	0, 0 5 8 3	1, 0 3 0	0, 0 5 7
1, 0 7	0, 0 6 7 7	1, 0 3 4	0, 0 6 5
1, 0 8	0, 0 7 7 0	1, 0 3 9	0, 0 7 4
1, 0 9	0, 0 8 6 2	1, 0 4 4	0, 0 8 3
1, 1 0	0, 0 9 5 3	1, 0 4 9	0, 0 9 1
1, 1 1	0, 1 0 4 4	1, 0 5 4	0, 1 0 0
1, 1 2	0, 1 1 3 3	1, 0 5 8	0, 1 0 7
1, 1 3	0, 1 2 2 2	1, 0 6 3	0, 1 1 5
1, 1 4	0, 1 3 1 0	1, 0 6 8	0, 1 2 3
1, 1 5	0, 1 3 9 8	1, 0 7 2	0, 1 3 0
1, 1 6	0, 1 4 8 4	1, 0 7 7	0, 1 3 8
1, 1 7	0, 1 5 7 0	1, 0 8 2	0, 1 4 5
1, 1 8	0, 1 6 5 5	1, 0 8 6	0, 1 5 2
1, 1 9	0, 1 7 4 0	1, 0 9 1	0, 1 6 0
1, 2 0	0, 1 8 2 3	1, 0 9 5	0, 1 6 7
1, 2 1	0, 1 9 0 6	1, 1 0 0	0, 1 7 4
1, 2 2	0, 1 9 8 8	1, 1 0 5	0, 1 8 0
1, 2 3	0, 2 0 7 0	1, 1 0 9	0, 1 8 7
1, 2 4	0, 2 1 5 1	1, 1 1 4	0, 1 9 4
1, 2 5	0, 2 2 3 1	1, 1 1 8	0, 2 0 0
1, 2 6	0, 2 3 1 1	1, 1 2 2	0, 2 0 6
1, 2 7	0, 2 3 9 0	1, 1 2 7	0, 2 1 3
1, 2 8	0, 2 4 6 9	1, 1 3 1	0, 2 1 9
1, 2 9	0, 2 5 4 6	1, 1 3 6	0, 2 2 5
1, 3 0	0, 2 6 2 4	1, 1 4 0	0, 2 3 1
1, 3 1	0, 2 7 0 0	1, 1 4 5	0, 2 3 7
1, 3 2	0, 2 7 7 6	1, 1 4 9	0, 2 4 2
1, 3 3	0, 2 8 5 2	1, 1 5 3	0, 2 4 8
1, 3 4	0, 2 9 2 7	1, 1 5 8	0, 2 5 4
1, 3 5	0, 3 0 0 1	1, 1 6 2	0, 2 5 9
1, 3 6	0, 3 0 7 5	1, 1 6 6	0, 2 6 5
1, 3 7	0, 3 1 4 8	1, 1 7 0	0, 2 7 0
1, 3 8	0, 3 2 2 1	1, 1 7 5	0, 2 7 5
1, 3 9	0, 3 2 9 3	1, 1 7 9	0, 2 8 1
1, 4 0	0, 3 3 6 5	1, 1 8 3	0, 2 8 6

Tabela 1

$\frac{l}{L} = \frac{S_0}{S} = \xi_l + 1$	$\varphi = \ln(\xi_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\xi_s = 1 - \frac{1}{\xi_l + 1}$
1, 4 1	0, 3 4 3 6	1, 1 8 7	0, 2 9 1
1, 4 2	0, 3 5 0 7	1, 1 9 2	0, 2 9 6
1, 4 3	0, 3 5 7 7	1, 1 9 6	0, 3 0 1
1, 4 4	0, 3 6 4 6	1, 2 0 0	0, 3 0 6
1, 4 5	0, 3 7 1 6	1, 2 0 4	0, 3 1 0
1, 4 6	0, 3 7 8 4	1, 2 0 8	0, 3 1 5
1, 4 7	0, 3 8 5 3	1, 2 1 2	0, 3 2 0
1, 4 8	0, 3 9 2 0	1, 2 1 7	0, 3 2 4
1, 4 9	0, 3 9 8 8	1, 2 2 1	0, 3 2 9
1, 5 0	0, 4 0 5 5	1, 2 2 5	0, 3 3 3
1, 5 1	0, 4 1 2 1	1, 2 2 9	0, 3 3 8
1, 5 2	0, 4 1 8 7	1, 2 3 3	0, 3 4 2
1, 5 3	0, 4 2 5 3	1, 2 3 7	0, 3 4 6
1, 5 4	0, 4 3 1 8	1, 2 4 1	0, 3 5 1
1, 5 5	0, 4 3 8 3	1, 2 4 5	0, 3 5 5
1, 5 6	0, 4 4 4 7	1, 2 4 9	0, 3 5 9
1, 5 7	0, 4 5 1 1	1, 2 5 3	0, 3 6 3
1, 5 8	0, 4 5 7 4	1, 2 5 7	0, 3 6 7
1, 5 9	0, 4 6 3 7	1, 2 6 1	0, 3 7 1
1, 6 0	0, 4 7 0 0	1, 2 6 5	0, 3 7 5
1, 6 1	0, 4 7 6 2	1, 2 6 9	0, 3 7 9
1, 6 2	0, 4 8 2 4	1, 2 7 3	0, 3 8 3
1, 6 3	0, 4 8 8 6	1, 2 7 7	0, 3 8 6
1, 6 4	0, 4 9 4 7	1, 2 8 1	0, 3 9 0
1, 6 5	0, 5 0 0 8	1, 2 8 5	0, 3 9 4
1, 6 6	0, 5 0 6 8	1, 2 8 8	0, 3 9 8
1, 6 7	0, 5 1 2 8	1, 2 9 2	0, 4 0 1
1, 6 8	0, 5 1 8 8	1, 2 9 6	0, 4 0 5
1, 6 9	0, 5 2 4 7	1, 3 0 0	0, 4 0 8
1, 7 0	0, 5 3 0 6	1, 3 0 4	0, 4 1 2
1, 7 1	0, 5 3 6 5	1, 3 0 8	0, 4 1 5
1, 7 2	0, 5 4 2 3	1, 3 1 1	0, 4 1 9
1, 7 3	0, 5 4 8 1	1, 3 1 5	0, 4 2 2
1, 7 4	0, 5 5 3 9	1, 3 1 9	0, 4 2 5
1, 7 5	0, 5 5 9 6	1, 3 2 3	0, 4 2 9
1, 7 6	0, 5 6 5 3	1, 3 2 7	0, 4 3 2
1, 7 7	0, 5 7 1 0	1, 3 3 0	0, 4 3 5
1, 7 8	0, 5 7 6 6	1, 3 3 4	0, 4 3 8
1, 7 9	0, 5 8 2 2	1, 3 3 8	0, 4 4 1
1, 8 0	0, 5 8 7 8	1, 3 4 2	0, 4 4 4

Tabela 2

$\frac{l}{b} = \frac{S_0}{S} = \xi + 1$	$\psi = \ln(\xi + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\xi_s = 1 - \frac{1}{\xi + 1}$
1, 8 1	0, 5 9 3 3	1, 3 4 5	0, 4 4 8
1, 8 2	0, 5 9 8 8	1, 3 4 9	0, 4 5 1
1, 8 3	0, 6 0 4 3	1, 3 5 3	0, 4 5 4
1, 8 4	0, 6 0 9 8	1, 3 5 6	0, 4 5 7
1, 8 5	0, 6 1 5 2	1, 3 6 0	0, 4 5 9
1, 8 6	0, 6 2 0 6	1, 3 6 4	0, 4 6 2
1, 8 7	0, 6 2 5 9	1, 3 6 7	0, 4 6 5
1, 8 8	0, 6 3 1 3	1, 3 7 1	0, 4 6 8
1, 8 9	0, 6 3 6 6	1, 3 7 5	0, 4 7 1
1, 9 0	0, 6 4 1 9	1, 3 7 8	0, 4 7 4
1, 9 1	0, 6 4 7 1	1, 3 8 2	0, 4 7 6
1, 9 2	0, 6 5 2 3	1, 3 8 6	0, 4 7 9
1, 9 3	0, 6 5 7 5	1, 3 8 9	0, 4 8 2
1, 9 4	0, 6 6 2 7	1, 3 9 3	0, 4 8 5
1, 9 5	0, 6 6 7 8	1, 3 9 6	0, 4 8 7
1, 9 6	0, 6 7 2 9	1, 4 0 0	0, 4 9 0
1, 9 7	0, 6 7 8 0	1, 4 0 4	0, 4 9 2
1, 9 8	0, 6 8 3 1	1, 4 0 7	0, 4 9 5
1, 9 9	0, 6 8 8 1	1, 4 1 1	0, 4 9 7
2, 0 0	0, 6 9 3 1	1, 4 1 4	0, 5 0 0
2, 0 1	0, 6 9 8 1	1, 4 1 8	0, 5 0 3
2, 0 2	0, 7 0 3 1	1, 4 2 1	0, 5 0 5
2, 0 3	0, 7 0 8 0	1, 4 2 5	0, 5 0 7
2, 0 4	0, 7 1 2 9	1, 4 2 8	0, 5 1 0
2, 0 5	0, 7 1 7 8	1, 4 3 2	0, 5 1 2
2, 0 6	0, 7 2 2 7	1, 4 3 5	0, 5 1 5
2, 0 7	0, 7 2 7 5	1, 4 3 9	0, 5 1 7
2, 0 8	0, 7 3 2 4	1, 4 4 2	0, 5 1 9
2, 0 9	0, 7 3 7 2	1, 4 4 6	0, 5 2 2
2, 1 0	0, 7 4 1 9	1, 4 4 9	0, 5 2 4
2, 1 1	0, 7 4 6 7	1, 4 5 2	0, 5 2 6
2, 1 2	0, 7 5 1 4	1, 4 5 6	0, 5 2 8
2, 1 3	0, 7 5 6 1	1, 4 5 9	0, 5 3 1
2, 1 4	0, 7 6 0 8	1, 4 6 3	0, 5 3 3
2, 1 5	0, 7 6 5 5	1, 4 6 6	0, 5 3 5
2, 1 6	0, 7 7 0 1	1, 4 7 0	0, 5 3 7
2, 1 7	0, 7 7 4 7	1, 4 7 3	0, 5 3 9
2, 1 8	0, 7 7 9 3	1, 4 7 6	0, 5 4 1
2, 1 9	0, 7 8 3 9	1, 4 8 0	0, 5 4 3
2, 2 0	0, 7 8 8 5	1, 4 8 3	0, 5 4 5

Tabela 3

$\frac{l}{L} = \frac{S_0}{S} = \xi_l + 1$	$\psi = \ln(\xi_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\xi_s = 1 - \frac{1}{\xi_l + 1}$
2, 2 1	0, 7 9 3 0	1, 4 8 7	0, 5 4 8
2, 2 2	0, 7 9 7 5	1, 4 9 0	0, 5 5 0
2, 2 3	0, 8 0 2 0	1, 4 9 3	0, 5 5 2
2, 2 4	0, 8 0 6 5	1, 4 9 7	0, 5 5 4
2, 2 5	0, 8 1 0 9	1, 5 0 0	0, 5 5 6
2, 2 6	0, 8 1 5 4	1, 5 0 3	0, 5 5 8
2, 2 7	0, 8 1 9 8	1, 5 0 7	0, 5 5 9
2, 2 8	0, 8 2 4 2	1, 5 1 0	0, 5 6 2
2, 2 9	0, 8 2 8 6	1, 5 1 3	0, 5 6 3
2, 3 0	0, 8 3 2 9	1, 5 1 7	0, 5 6 5
2, 3 1	0, 8 3 7 2	1, 5 2 0	0, 5 6 7
2, 3 2	0, 8 4 1 6	1, 5 2 3	0, 5 6 9
2, 3 3	0, 8 4 5 8	1, 5 2 6	0, 5 7 1
2, 3 4	0, 8 5 0 2	1, 5 3 0	0, 5 7 3
2, 3 5	0, 8 5 4 4	1, 5 3 3	0, 5 7 4
2, 3 6	0, 8 5 8 7	1, 5 3 6	0, 5 7 6
2, 3 7	0, 8 6 2 9	1, 5 3 9	0, 5 7 8
2, 3 8	0, 8 6 7 1	1, 5 4 3	0, 5 8 0
2, 3 9	0, 8 7 1 3	1, 5 4 6	0, 5 8 2
2, 4 0	0, 8 7 5 5	1, 5 4 9	0, 5 8 3
2, 4 1	0, 8 7 9 6	1, 5 5 2	0, 5 8 5
2, 4 2	0, 8 8 3 8	1, 5 5 6	0, 5 8 7
2, 4 3	0, 8 8 7 9	1, 5 5 9	0, 5 8 8
2, 4 4	0, 8 9 2 0	1, 5 6 2	0, 5 9 0
2, 4 5	0, 8 9 6 1	1, 5 6 5	0, 5 9 2
2, 4 6	0, 9 0 0 2	1, 5 6 8	0, 5 9 3
2, 4 7	0, 9 0 4 2	1, 5 7 2	0, 5 9 5
2, 4 8	0, 9 0 8 3	1, 5 7 5	0, 5 9 7
2, 4 9	0, 9 1 2 3	1, 5 7 8	0, 5 9 8
2, 5 0	0, 9 1 6 3	1, 5 8 1	0, 6 0 0
2, 5 1	0, 9 2 0 3	1, 5 8 4	0, 6 0 2
2, 5 2	0, 9 2 4 3	1, 5 8 7	0, 6 0 3
2, 5 3	0, 9 2 8 2	1, 5 9 1	0, 6 0 5
2, 5 4	0, 9 3 2 2	1, 5 9 4	0, 6 0 6
2, 5 5	0, 9 3 6 1	1, 5 9 7	0, 6 0 8
2, 5 6	0, 9 4 0 0	1, 6 0 0	0, 6 0 9
2, 5 7	0, 9 4 3 9	1, 6 0 3	0, 6 1 1
2, 5 8	0, 9 4 7 8	1, 6 0 6	0, 6 1 2
2, 5 9	0, 9 5 1 7	1, 6 0 9	0, 6 1 4
2, 6 0	0, 9 5 5 5	1, 6 1 2	0, 6 1 5

Tabela 4

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
2, 6 1	0, 9 5 9 4	1, 6 1 6	0, 6 1 7
2, 6 2	0, 9 6 3 2	1, 6 1 9	0, 6 1 8
2, 6 3	0, 9 6 7 0	1, 6 2 2	0, 6 2 0
2, 6 4	0, 9 7 0 8	1, 6 2 5	0, 6 2 1
2, 6 5	0, 9 7 4 6	1, 6 2 8	0, 6 2 3
2, 6 6	0, 9 7 8 3	1, 6 3 1	0, 6 2 4
2, 6 7	0, 9 8 2 1	1, 6 3 4	0, 6 2 5
2, 6 8	0, 9 8 5 8	1, 6 3 7	0, 6 2 7
2, 6 9	0, 9 8 9 5	1, 6 4 0	0, 6 2 8
2, 7 0	0, 9 9 3 3	1, 6 4 3	0, 6 3 0
2, 7 1	0, 9 9 6 9	1, 6 4 6	0, 6 3 1
2, 7 2	1, 0 0 0 6	1, 6 4 9	0, 6 3 2
2, 7 3	1, 0 0 4 3	1, 6 5 2	0, 6 3 4
2, 7 4	1, 0 0 8 0	1, 6 5 5	0, 6 3 5
2, 7 5	1, 0 1 1 6	1, 6 5 8	0, 6 3 6
2, 7 6	1, 0 1 5 2	1, 6 6 1	0, 6 3 8
2, 7 7	1, 0 1 8 8	1, 6 6 4	0, 6 3 9
2, 7 8	1, 0 2 2 5	1, 6 6 7	0, 6 4 0
2, 7 9	1, 0 2 6 0	1, 6 7 0	0, 6 4 2
2, 8 0	1, 0 2 9 6	1, 6 7 3	0, 6 4 3
2, 8 1	1, 0 3 3 2	1, 6 7 6	0, 6 4 4
2, 8 2	1, 0 3 6 7	1, 6 7 9	0, 6 4 5
2, 8 3	1, 0 4 0 3	1, 6 8 2	0, 6 4 7
2, 8 4	1, 0 4 3 8	1, 6 8 5	0, 6 4 8
2, 8 5	1, 0 4 7 3	1, 6 8 8	0, 6 4 9
2, 8 6	1, 0 5 0 8	1, 6 9 1	0, 6 5 0
2, 8 7	1, 0 5 4 3	1, 6 9 4	0, 6 5 2
2, 8 8	1, 0 5 7 8	1, 6 9 7	0, 6 5 3
2, 8 9	1, 0 6 1 3	1, 7 0 0	0, 6 5 4
2, 9 0	1, 0 6 4 7	1, 7 0 3	0, 6 5 5
2, 9 1	1, 0 6 8 2	1, 7 0 6	0, 6 5 6
2, 9 2	1, 0 7 1 6	1, 7 0 9	0, 6 5 8
2, 9 3	1, 0 7 5 0	1, 7 1 2	0, 6 5 9
2, 9 4	1, 0 7 8 4	1, 7 1 5	0, 6 6 0
2, 9 5	1, 0 8 1 8	1, 7 1 8	0, 6 6 1
2, 9 6	1, 0 8 5 2	1, 7 2 0	0, 6 6 2
2, 9 7	1, 0 8 8 6	1, 7 2 3	0, 6 6 3
2, 9 8	1, 0 9 1 9	1, 7 2 6	0, 6 6 4
2, 9 9	1, 0 9 5 3	1, 7 2 9	0, 6 6 6
3, 0 0	1, 0 9 8 6	1, 7 3 2	0, 6 6 7

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
3, 0 1	1, 1 0 1 9	1, 7 3 5	0, 6 6 8
3, 0 2	1, 1 0 5 3	1, 7 3 8	0, 6 6 9
3, 0 3	1, 1 0 8 6	1, 7 4 1	0, 6 7 0
3, 0 4	1, 1 1 1 9	1, 7 4 4	0, 6 7 1
3, 0 5	1, 1 1 5 1	1, 7 4 6	0, 6 7 2
3, 0 6	1, 1 1 8 4	1, 7 4 9	0, 6 7 3
3, 0 7	1, 1 2 1 6	1, 7 5 2	0, 6 7 4
3, 0 8	1, 1 2 4 9	1, 7 5 5	0, 6 7 5
3, 0 9	1, 1 2 8 2	1, 7 5 8	0, 6 7 6
3, 1 0	1, 1 3 1 4	1, 7 6 1	0, 6 7 7
3, 1 1	1, 1 3 4 6	1, 7 6 4	0, 6 7 8
3, 1 2	1, 1 3 7 8	1, 7 6 6	0, 6 7 9
3, 1 3	1, 1 4 1 0	1, 7 6 9	0, 6 8 0
3, 1 4	1, 1 4 4 2	1, 7 7 2	0, 6 8 2
3, 1 5	1, 1 4 7 4	1, 7 7 5	0, 6 8 3
3, 1 6	1, 1 5 0 6	1, 7 7 8	0, 6 8 4
3, 1 7	1, 1 5 3 7	1, 7 8 0	0, 6 8 5
3, 1 8	1, 1 5 6 9	1, 7 8 3	0, 6 8 6
3, 1 9	1, 1 6 0 0	1, 7 8 6	0, 6 8 7
3, 2 0	1, 1 6 3 2	1, 7 8 9	0, 6 8 8
3, 2 1	1, 1 6 6 3	1, 7 9 2	0, 6 8 8
3, 2 2	1, 1 6 9 4	1, 7 9 4	0, 6 8 9
3, 2 3	1, 1 7 2 5	1, 7 9 7	0, 6 9 0
3, 2 4	1, 1 7 5 6	1, 8 0 0	0, 6 9 1
3, 2 5	1, 1 7 8 7	1, 8 0 3	0, 6 9 2
3, 2 6	1, 1 8 1 7	1, 8 0 6	0, 6 9 3
3, 2 7	1, 1 8 4 8	1, 8 0 8	0, 6 9 4
3, 2 8	1, 1 8 7 8	1, 8 1 1	0, 6 9 5
3, 2 9	1, 1 9 0 9	1, 8 1 4	0, 6 9 6
3, 3 0	1, 1 9 3 9	1, 8 1 7	0, 6 9 7
3, 3 1	1, 1 9 6 9	1, 8 1 9	0, 6 9 8
3, 3 2	1, 1 9 9 9	1, 8 2 2	0, 6 9 9
3, 3 3	1, 2 0 3 0	1, 8 2 5	0, 7 0 0
3, 3 4	1, 2 0 6 0	1, 8 2 8	0, 7 0 1
3, 3 5	1, 2 0 9 0	1, 8 3 0	0, 7 0 1
3, 3 6	1, 2 1 1 9	1, 8 3 3	0, 7 0 2
3, 3 7	1, 2 1 4 9	1, 8 3 6	0, 7 0 3
3, 3 8	1, 2 1 7 9	1, 8 3 8	0, 7 0 4
3, 3 9	1, 2 2 0 8	1, 8 4 1	0, 7 0 5
3, 4 0	1, 2 2 3 8	1, 8 4 4	0, 7 0 6

Tabela 6

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \xi_l + 1$	$\psi = \ln(\xi_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\xi_s = 1 - \frac{1}{\xi_l + 1}$
3, 4 1	1, 2 2 6 7	1, 8 4 7	0, 7 0 7
3, 4 2	1, 2 2 9 6	1, 8 4 9	0, 7 0 8
3, 4 3	1, 2 3 2 6	1, 8 5 2	0, 7 0 8
3, 4 4	1, 2 3 5 5	1, 8 5 5	0, 7 0 9
3, 4 5	1, 2 3 8 4	1, 8 5 7	0, 7 1 0
3, 4 6	1, 2 4 1 3	1, 8 6 0	0, 7 1 1
3, 4 7	1, 2 4 4 2	1, 8 6 3	0, 7 1 2
3, 4 8	1, 2 4 7 0	1, 8 6 5	0, 7 1 3
3, 4 9	1, 2 4 9 9	1, 8 6 8	0, 7 1 3
3, 5 0	1, 2 5 2 8	1, 8 7 1	0, 7 1 4
3, 5 1	1, 2 5 5 6	1, 8 7 3	0, 7 1 5
3, 5 2	1, 2 5 8 5	1, 8 7 6	0, 7 1 6
3, 5 3	1, 2 6 1 3	1, 8 7 9	0, 7 1 7
3, 5 4	1, 2 6 4 1	1, 8 8 1	0, 7 1 8
3, 5 5	1, 2 6 6 9	1, 8 8 4	0, 7 1 8
3, 5 6	1, 2 6 9 8	1, 8 8 7	0, 7 1 9
3, 5 7	1, 2 7 2 6	1, 8 8 9	0, 7 2 0
3, 5 8	1, 2 7 5 4	1, 8 9 2	0, 7 2 1
3, 5 9	1, 2 7 8 2	1, 8 9 5	0, 7 2 1
3, 6 0	1, 2 8 0 9	1, 8 9 7	0, 7 2 2
3, 6 1	1, 2 8 3 7	1, 9 0 0	0, 7 2 3
3, 6 2	1, 2 8 6 5	1, 9 0 3	0, 7 2 4
3, 6 3	1, 2 8 9 2	1, 9 0 5	0, 7 2 5
3, 6 4	1, 2 9 2 0	1, 9 0 8	0, 7 2 5
3, 6 5	1, 2 9 4 7	1, 9 1 0	0, 7 2 6
3, 6 6	1, 2 9 7 5	1, 9 1 3	0, 7 2 7
3, 6 7	1, 3 0 0 2	1, 9 1 6	0, 7 2 8
3, 6 8	1, 3 0 2 9	1, 9 1 8	0, 7 2 8
3, 6 9	1, 3 0 5 6	1, 9 2 1	0, 7 2 9
3, 7 0	1, 3 0 8 3	1, 9 2 4	0, 7 2 9
3, 7 1	1, 3 1 1 0	1, 9 2 6	0, 7 3 0
3, 7 2	1, 3 1 3 7	1, 9 2 9	0, 7 3 1
3, 7 3	1, 3 1 6 4	1, 9 3 1	0, 7 3 2
3, 7 4	1, 3 1 9 1	1, 9 3 4	0, 7 3 3
3, 7 5	1, 3 2 1 8	1, 9 3 6	0, 7 3 3
3, 7 6	1, 3 2 4 4	1, 9 3 9	0, 7 3 4
3, 7 7	1, 3 2 7 1	1, 9 4 2	0, 7 3 5
3, 7 8	1, 3 2 9 7	1, 9 4 4	0, 7 3 5
3, 7 9	1, 3 3 2 4	1, 9 4 7	0, 7 3 6
3, 8 0	1, 3 3 5 0	1, 9 4 9	0, 7 3 7

Tabela 7

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
3, 8 1	1, 3 3 7 6	1, 9 5 2	0, 7 3 8
3, 8 2	1, 3 4 0 3	1, 9 5 4	0, 7 3 8
3, 8 3	1, 3 4 2 9	1, 9 5 7	0, 7 3 9
3, 8 4	1, 3 4 5 5	1, 9 6 0	0, 7 4 0
3, 8 5	1, 3 4 8 1	1, 9 6 2	0, 7 4 0
3, 8 6	1, 3 5 0 7	1, 9 6 5	0, 7 4 1
3, 8 7	1, 3 5 3 3	1, 9 6 7	0, 7 4 2
3, 8 8	1, 3 5 5 8	1, 9 7 0	0, 7 4 2
3, 8 9	1, 3 5 8 4	1, 9 7 2	0, 7 4 3
3, 9 0	1, 3 6 1 0	1, 9 7 5	0, 7 4 4
3, 9 1	1, 3 6 3 5	1, 9 7 7	0, 7 4 4
3, 9 2	1, 3 6 6 1	1, 9 8 0	0, 7 4 5
3, 9 3	1, 3 6 8 6	1, 9 8 2	0, 7 4 6
3, 9 4	1, 3 7 1 2	1, 9 8 5	0, 7 4 6
3, 9 5	1, 3 7 3 7	1, 9 8 7	0, 7 4 7
3, 9 6	1, 3 7 6 2	1, 9 9 0	0, 7 4 7
3, 9 7	1, 3 7 8 8	1, 9 9 2	0, 7 4 8
3, 9 8	1, 3 8 1 3	1, 9 9 5	0, 7 4 9
3, 9 9	1, 3 8 3 8	1, 9 9 7	0, 7 4 9
4, 0 0	1, 3 8 6 3	2, 0 0 0	0, 7 5 0
4, 0 1	1, 3 8 8 8	2, 0 0 2	0, 7 5 1
4, 0 2	1, 3 9 1 3	2, 0 0 5	0, 7 5 1
4, 0 3	1, 3 9 3 8	2, 0 0 7	0, 7 5 2
4, 0 4	1, 3 9 6 2	2, 0 1 0	0, 7 5 2
4, 0 5	1, 3 9 8 7	2, 0 1 2	0, 7 5 3
4, 0 6	1, 4 0 1 2	2, 0 1 5	0, 7 5 4
4, 0 7	1, 4 0 3 6	2, 0 1 7	0, 7 5 4
4, 0 8	1, 4 0 6 1	2, 0 2 0	0, 7 5 5
4, 0 9	1, 4 0 8 5	2, 0 2 2	0, 7 5 5
4, 1 0	1, 4 1 1 0	2, 0 2 5	0, 7 5 6
4, 1 1	1, 4 1 3 4	2, 0 2 7	0, 7 5 7
4, 1 2	1, 4 1 5 9	2, 0 3 0	0, 7 5 7
4, 1 3	1, 4 1 8 3	2, 0 3 2	0, 7 5 8
4, 1 4	1, 4 2 0 7	2, 0 3 5	0, 7 5 8
4, 1 5	1, 4 2 3 1	2, 0 3 7	0, 7 5 9
4, 1 6	1, 4 2 5 5	2, 0 4 0	0, 7 6 0
4, 1 7	1, 4 2 7 9	2, 0 4 2	0, 7 6 0
4, 1 8	1, 4 3 0 3	2, 0 4 4	0, 7 6 1
4, 1 9	1, 4 3 2 7	2, 0 4 7	0, 7 6 1
4, 2 0	1, 4 3 5 1	2, 0 4 9	0, 7 6 2

Tabela 8

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
4, 2 1	1, 4 3 7 5	2, 0 5 2	0, 7 6 2
4, 2 2	1, 4 3 9 8	2, 0 5 4	0, 7 6 3
4, 2 3	1, 4 4 2 2	2, 0 5 7	0, 7 6 4
4, 2 4	1, 4 4 4 6	2, 0 5 9	0, 7 6 4
4, 2 5	1, 4 4 6 9	2, 0 6 2	0, 7 6 5
4, 2 6	1, 4 4 9 3	2, 0 6 4	0, 7 6 5
4, 2 7	1, 4 5 1 6	2, 0 6 6	0, 7 6 6
4, 2 8	1, 4 5 4 0	2, 0 6 9	0, 7 6 6
4, 2 9	1, 4 5 6 3	2, 0 7 1	0, 7 6 7
4, 3 0	1, 4 5 8 6	2, 0 7 4	0, 7 6 7
4, 3 1	1, 4 6 0 9	2, 0 7 6	0, 7 6 8
4, 3 2	1, 4 6 3 3	2, 0 7 8	0, 7 6 9
4, 3 3	1, 4 6 5 6	2, 0 8 1	0, 7 6 9
4, 3 4	1, 4 6 7 9	2, 0 8 3	0, 7 7 0
4, 3 5	1, 4 7 0 2	2, 0 8 6	0, 7 7 0
4, 3 6	1, 4 7 2 5	2, 0 8 8	0, 7 7 1
4, 3 7	1, 4 7 4 8	2, 0 9 0	0, 7 7 1
4, 3 8	1, 4 7 7 0	2, 0 9 3	0, 7 7 2
4, 3 9	1, 4 7 9 3	2, 0 9 5	0, 7 7 2
4, 4 0	1, 4 8 1 6	2, 0 9 8	0, 7 7 3
4, 4 1	1, 4 8 3 9	2, 1 0 0	0, 7 7 3
4, 4 2	1, 4 8 6 1	2, 1 0 2	0, 7 7 4
4, 4 3	1, 4 8 8 4	2, 1 0 5	0, 7 7 4
4, 4 4	1, 4 9 0 7	2, 1 0 7	0, 7 7 5
4, 4 5	1, 4 9 2 9	2, 1 0 9	0, 7 7 5
4, 4 6	1, 4 9 5 1	2, 1 1 2	0, 7 7 6
4, 4 7	1, 4 9 7 4	2, 1 1 4	0, 7 7 6
4, 4 8	1, 4 9 9 6	2, 1 1 7	0, 7 7 7
4, 4 9	1, 5 0 1 9	2, 1 1 9	0, 7 7 7
4, 5 0	1, 5 0 4 1	2, 1 2 1	0, 7 7 8
4, 5 1	1, 5 0 6 3	2, 1 2 4	0, 7 7 8
4, 5 2	1, 5 0 8 5	2, 1 2 6	0, 7 7 9
4, 5 3	1, 5 1 0 7	2, 1 2 8	0, 7 7 9
4, 5 4	1, 5 1 2 9	2, 1 3 1	0, 7 8 0
4, 5 5	1, 5 1 5 1	2, 1 3 3	0, 7 8 0
4, 5 6	1, 5 1 7 3	2, 1 3 5	0, 7 8 1
4, 5 7	1, 5 1 9 5	2, 1 3 8	0, 7 8 1
4, 5 8	1, 5 2 1 7	2, 1 4 0	0, 7 8 2
4, 5 9	1, 5 2 3 9	2, 1 4 2	0, 7 8 2
4, 6 0	1, 5 2 6 1	2, 1 4 5	0, 7 8 3

Tabela 9

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
4, 6 1	1, 5 2 8 2	2, 1 4 7	0, 7 8 3
4, 6 2	1, 5 3 0 4	2, 1 4 9	0, 7 8 4
4, 6 3	1, 5 3 2 6	2, 1 5 2	0, 7 8 4
4, 6 4	1, 5 3 4 7	2, 1 5 4	0, 7 8 4
4, 6 5	1, 5 3 6 9	2, 1 5 6	0, 7 8 5
4, 6 6	1, 5 3 9 0	2, 1 5 9	0, 7 8 5
4, 6 7	1, 5 4 1 2	2, 1 6 1	0, 7 8 6
4, 6 8	1, 5 4 3 3	2, 1 6 3	0, 7 8 6
4, 6 9	1, 5 4 5 4	2, 1 6 6	0, 7 8 7
4, 7 0	1, 5 4 7 6	2, 1 6 8	0, 7 8 7
4, 7 1	1, 5 4 9 7	2, 1 7 0	0, 7 8 8
4, 7 2	1, 5 5 1 8	2, 1 7 3	0, 7 8 8
4, 7 3	1, 5 5 3 9	2, 1 7 5	0, 7 8 9
4, 7 4	1, 5 5 6 0	2, 1 7 7	0, 7 8 9
4, 7 5	1, 5 5 8 1	2, 1 7 9	0, 7 8 9
4, 7 6	1, 5 6 0 2	2, 1 8 2	0, 7 9 0
4, 7 7	1, 5 6 2 3	2, 1 8 4	0, 7 9 0
4, 7 8	1, 5 6 4 4	2, 1 8 6	0, 7 9 1
4, 7 9	1, 5 6 6 5	2, 1 8 9	0, 7 9 1
4, 8 0	1, 5 6 8 6	2, 1 9 1	0, 7 9 2
4, 8 1	1, 5 7 0 7	2, 1 9 3	0, 7 9 2
4, 8 2	1, 5 7 2 8	2, 1 9 5	0, 7 9 3
4, 8 3	1, 5 7 4 8	2, 1 9 8	0, 7 9 3
4, 8 4	1, 5 7 6 9	2, 2 0 0	0, 7 9 3
4, 8 5	1, 5 7 9 0	2, 2 0 2	0, 7 9 4
4, 8 6	1, 5 8 1 0	2, 2 0 5	0, 7 9 4
4, 8 7	1, 5 8 3 1	2, 2 0 7	0, 7 9 5
4, 8 8	1, 5 8 5 1	2, 2 0 9	0, 7 9 5
4, 8 9	1, 5 8 7 2	2, 2 1 1	0, 7 9 5
4, 9 0	1, 5 8 9 2	2, 2 1 4	0, 7 9 6
4, 9 1	1, 5 9 1 3	2, 2 1 6	0, 7 9 6
4, 9 2	1, 5 9 3 3	2, 2 1 8	0, 7 9 7
4, 9 3	1, 5 9 5 3	2, 2 2 0	0, 7 9 7
4, 9 4	1, 5 9 7 4	2, 2 2 3	0, 7 9 8
4, 9 5	1, 5 9 9 4	2, 2 2 5	0, 7 9 8
4, 9 6	1, 6 0 1 4	2, 2 2 7	0, 7 9 8
4, 9 7	1, 6 0 3 4	2, 2 2 9	0, 7 9 9
4, 9 8	1, 6 0 5 4	2, 2 3 2	0, 7 9 9
4, 9 9	1, 6 0 7 4	2, 2 3 4	0, 8 0 0
5, 0 0	1, 6 0 9 4	2, 2 3 6	0, 8 0 0

Tabela 10

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = l_n(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
5, 0 1	1, 6 1 1 4	2, 2 3 8	0, 8 0 0
5, 0 2	1, 6 1 3 4	2, 2 4 1	0, 8 0 1
5, 0 3	1, 6 1 5 4	2, 2 4 3	0, 8 0 1
5, 0 4	1, 6 1 7 4	2, 2 4 5	0, 8 0 2
5, 0 5	1, 6 1 9 4	2, 2 4 7	0, 8 0 2
5, 0 6	1, 6 2 1 4	2, 2 4 9	0, 8 0 2
5, 0 7	1, 6 2 3 3	2, 2 5 2	0, 8 0 3
5, 0 8	1, 6 2 5 3	2, 2 5 4	0, 8 0 3
5, 0 9	1, 6 2 7 3	2, 2 5 6	0, 8 0 4
5, 1 0	1, 6 2 9 2	2, 2 5 8	0, 8 0 4
5, 1 1	1, 6 3 1 2	2, 2 6 1	0, 8 0 4
5, 1 2	1, 6 3 3 2	2, 2 6 3	0, 8 0 5
5, 1 3	1, 6 3 5 1	2, 2 6 5	0, 8 0 5
5, 1 4	1, 6 3 7 1	2, 2 6 7	0, 8 0 5
5, 1 5	1, 6 3 9 0	2, 2 6 9	0, 8 0 6
5, 1 6	1, 6 4 0 9	2, 2 7 2	0, 8 0 6
5, 1 7	1, 6 4 2 9	2, 2 7 4	0, 8 0 7
5, 1 8	1, 6 4 4 8	2, 2 7 6	0, 8 0 7
5, 1 9	1, 6 4 6 7	2, 2 7 8	0, 8 0 7
5, 2 0	1, 6 4 8 7	2, 2 8 0	0, 8 0 8
5, 2 1	1, 6 5 0 6	2, 2 8 3	0, 8 0 8
5, 2 2	1, 6 5 2 5	2, 2 8 5	0, 8 0 8
5, 2 3	1, 6 5 4 4	2, 2 8 7	0, 8 0 9
5, 2 4	1, 6 5 6 3	2, 2 8 9	0, 8 0 9
5, 2 5	1, 6 5 8 2	2, 2 9 1	0, 8 1 0
5, 2 6	1, 6 6 0 1	2, 2 9 3	0, 8 1 0
5, 2 7	1, 6 6 2 0	2, 2 9 6	0, 8 1 0
5, 2 8	1, 6 6 3 9	2, 2 9 8	0, 8 1 1
5, 2 9	1, 6 6 5 8	2, 3 0 0	0, 8 1 1
5, 3 0	1, 6 6 7 7	2, 3 0 2	0, 8 1 1
5, 3 1	1, 6 6 9 6	2, 3 0 4	0, 8 1 2
5, 3 2	1, 6 7 1 5	2, 3 0 7	0, 8 1 2
5, 3 3	1, 6 7 3 4	2, 3 0 9	0, 8 1 2
5, 3 4	1, 6 7 5 2	2, 3 1 1	0, 8 1 3
5, 3 5	1, 6 7 7 1	2, 3 1 3	0, 8 1 3
5, 3 6	1, 6 7 9 0	2, 3 1 5	0, 8 1 3
5, 3 7	1, 6 8 0 8	2, 3 1 7	0, 8 1 4
5, 3 8	1, 6 8 2 7	2, 3 1 9	0, 8 1 4
5, 3 9	1, 6 8 4 5	2, 3 2 2	0, 8 1 4
5, 4 0	1, 6 8 6 4	2, 3 2 4	0, 8 1 5

Tabela 11

$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
5, 4 1	1, 6 8 8 2	2, 3 2 6	0, 8 1 5
5, 4 2	1, 6 9 0 1	2, 3 2 8	0, 8 1 5
5, 4 3	1, 6 9 1 9	2, 3 3 0	0, 8 1 6
5, 4 4	1, 6 9 3 8	2, 3 3 2	0, 8 1 6
5, 4 5	1, 6 9 5 6	2, 3 3 5	0, 8 1 7
5, 4 6	1, 6 9 7 4	2, 3 3 7	0, 8 1 7
5, 4 7	1, 6 9 9 3	2, 3 3 9	0, 8 1 7
5, 4 8	1, 7 0 1 1	2, 3 4 1	0, 8 1 8
5, 4 9	1, 7 0 2 9	2, 3 4 3	0, 8 1 8
5, 5 0	1, 7 0 4 7	2, 3 4 5	0, 8 1 8
5, 5 1	1, 7 0 6 6	2, 3 4 7	0, 8 1 9
5, 5 2	1, 7 0 8 4	2, 3 4 9	0, 8 1 9
5, 5 3	1, 7 1 0 2	2, 3 5 2	0, 8 1 9
5, 5 4	1, 7 1 2 0	2, 3 5 4	0, 8 1 9
5, 5 5	1, 7 1 3 8	2, 3 5 6	0, 8 2 0
5, 5 6	1, 7 1 5 6	2, 3 5 8	0, 8 2 0
5, 5 7	1, 7 1 7 4	2, 3 6 0	0, 8 2 0
5, 5 8	1, 7 1 9 2	2, 3 6 2	0, 8 2 1
5, 5 9	1, 7 2 1 0	2, 3 6 4	0, 8 2 1
5, 6 0	1, 7 2 2 8	2, 3 6 6	0, 8 2 1
5, 6 1	1, 7 2 4 6	2, 3 6 9	0, 8 2 2
5, 6 2	1, 7 2 6 3	2, 3 7 1	0, 8 2 2
5, 6 3	1, 7 2 8 1	2, 3 7 2	0, 8 2 2
5, 6 4	1, 7 2 9 9	2, 3 7 5	0, 8 2 3
5, 6 5	1, 7 3 1 7	2, 3 7 7	0, 8 2 3
5, 6 6	1, 7 3 3 4	2, 3 7 9	0, 8 2 3
5, 6 7	1, 7 3 5 2	2, 3 8 1	0, 8 2 4
5, 6 8	1, 7 3 7 0	2, 3 8 3	0, 8 2 4
5, 6 9	1, 7 3 8 7	2, 3 8 5	0, 8 2 4
5, 7 0	1, 7 4 0 5	2, 3 8 7	0, 8 2 5
5, 7 1	1, 7 4 2 2	2, 3 9 0	0, 8 2 5
5, 7 2	1, 7 4 4 0	2, 3 9 2	0, 8 2 5
5, 7 3	1, 7 4 5 7	2, 3 9 4	0, 8 2 5
5, 7 4	1, 7 4 7 5	2, 3 9 6	0, 8 2 6
5, 7 5	1, 7 4 9 2	2, 3 9 8	0, 8 2 6
5, 7 6	1, 7 5 0 9	2, 4 0 0	0, 8 2 6
5, 7 7	1, 7 5 2 7	2, 4 0 2	0, 8 2 7
5, 7 8	1, 7 5 4 4	2, 4 0 4	0, 8 2 7
5, 7 9	1, 7 5 6 1	2, 4 0 6	0, 8 2 7
5, 8 0	1, 7 5 7 9	2, 4 0 8	0, 8 2 8

Tabela 12

$\frac{1}{L} = \frac{S_0}{S} = \xi_L + 1$	$\psi = \ln(\xi_L + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\xi_S = 1 - \frac{1}{\xi_L + 1}$
5, 8 1	1, 7 5 9 6	2, 4 1 0	0, 8 2 8
5, 8 2	1, 7 6 1 3	2, 4 1 2	0, 8 2 8
5, 8 3	1, 7 6 3 0	2, 4 1 5	0, 8 2 8
5, 8 4	1, 7 6 4 7	2, 4 1 7	0, 8 2 9
5, 8 5	1, 7 6 6 4	2, 4 1 9	0, 8 2 9
5, 8 6	1, 7 6 8 1	2, 4 2 1	0, 8 2 9
5, 8 7	1, 7 6 9 9	2, 4 2 3	0, 8 3 0
5, 8 8	1, 7 7 1 6	2, 4 2 5	0, 8 3 0
5, 8 9	1, 7 7 3 3	2, 4 2 7	0, 8 3 0
5, 9 0	1, 7 7 5 0	2, 4 2 9	0, 8 3 1
5, 9 1	1, 7 7 6 6	2, 4 3 1	0, 8 3 1
5, 9 2	1, 7 7 8 3	2, 4 3 3	0, 8 3 1
5, 9 3	1, 7 8 0 0	2, 4 3 5	0, 8 3 1
5, 9 4	1, 7 8 1 7	2, 4 3 7	0, 8 3 2
5, 9 5	1, 7 8 3 4	2, 4 3 9	0, 8 3 2
5, 9 6	1, 7 8 5 1	2, 4 4 1	0, 8 3 2
5, 9 7	1, 7 8 6 7	2, 4 4 3	0, 8 3 2
5, 9 8	1, 7 8 8 4	2, 4 4 5	0, 8 3 3
5, 9 9	1, 7 9 0 1	2, 4 4 7	0, 8 3 3
6, 0 0	1, 7 9 1 8	2, 4 5 0	0, 8 3 3
6, 0 1	1, 7 9 3 4	2, 4 5 2	0, 8 3 4
6, 0 2	1, 7 9 5 1	2, 4 5 4	0, 8 3 4
6, 0 3	1, 7 9 6 7	2, 4 5 6	0, 8 3 4
6, 0 4	1, 7 9 8 4	2, 4 5 8	0, 8 3 4
6, 0 5	1, 8 0 0 1	2, 4 6 0	0, 8 3 5
6, 0 6	1, 8 0 1 7	2, 4 6 2	0, 8 3 5
6, 0 7	1, 8 0 3 4	2, 4 6 4	0, 8 3 5
6, 0 8	1, 8 0 5 0	2, 4 6 6	0, 8 3 6
6, 0 9	1, 8 0 6 6	2, 4 6 8	0, 8 3 6
6, 1 0	1, 8 0 8 3	2, 4 7 0	0, 8 3 6
6, 1 1	1, 8 0 9 9	2, 4 7 2	0, 8 3 6
6, 1 2	1, 8 1 1 6	2, 4 7 4	0, 8 3 7
6, 1 3	1, 8 1 3 2	2, 4 7 6	0, 8 3 7
6, 1 4	1, 8 1 4 8	2, 4 7 8	0, 8 3 7
6, 1 5	1, 8 1 6 5	2, 4 8 0	0, 8 3 7
6, 1 6	1, 8 1 8 1	2, 4 8 2	0, 8 3 8
6, 1 7	1, 8 1 9 7	2, 4 8 4	0, 8 3 8
6, 1 8	1, 8 2 1 3	2, 4 8 6	0, 8 3 8
6, 1 9	1, 8 2 2 9	2, 4 8 8	0, 8 3 8
6, 2 0	1, 8 2 4 5	2, 4 9 0	0, 8 3 9

Tabela 13

$\frac{q}{q_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
6, 2 1	1, 8 2 6 2	2, 4 9 2	0, 8 3 9
6, 2 2	1, 8 2 7 8	2, 4 9 4	0, 8 3 9
6, 2 3	1, 8 2 9 4	2, 4 9 6	0, 8 3 9
6, 2 4	1, 8 3 1 0	2, 4 9 8	0, 8 4 0
6, 2 5	1, 8 3 2 6	2, 5 0 0	0, 8 4 0
6, 2 6	1, 8 3 4 2	2, 5 0 2	0, 8 4 0
6, 2 7	1, 8 3 5 8	2, 5 0 4	0, 8 4 1
6, 2 8	1, 8 3 7 4	2, 5 0 6	0, 8 4 1
6, 2 9	1, 8 3 9 0	2, 5 0 8	0, 8 4 1
6, 3 0	1, 8 4 0 5	2, 5 1 0	0, 8 4 1
6, 3 1	1, 8 4 2 1	2, 5 1 2	0, 8 4 2
6, 3 2	1, 8 4 3 7	2, 5 1 4	0, 8 4 2
6, 3 3	1, 8 4 5 3	2, 5 1 6	0, 8 4 2
6, 3 4	1, 8 4 6 9	2, 5 1 8	0, 8 4 2
6, 3 5	1, 8 4 8 5	2, 5 2 0	0, 8 4 3
6, 3 6	1, 8 5 0 0	2, 5 2 2	0, 8 4 3
6, 3 7	1, 8 5 1 6	2, 5 2 4	0, 8 4 3
6, 3 8	1, 8 5 3 2	2, 5 2 6	0, 8 4 3
6, 3 9	1, 8 5 4 7	2, 5 2 8	0, 8 4 4
6, 4 0	1, 8 5 6 3	2, 5 3 0	0, 8 4 4
6, 4 1	1, 8 5 7 9	2, 5 3 2	0, 8 4 4
6, 4 2	1, 8 5 9 4	2, 5 3 4	0, 8 4 4
6, 4 3	1, 8 6 1 0	2, 5 3 6	0, 8 4 4
6, 4 4	1, 8 6 2 5	2, 5 3 8	0, 8 4 5
6, 4 5	1, 8 6 4 1	2, 5 4 0	0, 8 4 5
6, 4 6	1, 8 6 5 6	2, 5 4 2	0, 8 4 5
6, 4 7	1, 8 6 7 7	2, 5 4 4	0, 8 4 5
6, 4 8	1, 8 6 8 7	2, 5 4 6	0, 8 4 6
6, 4 9	1, 8 7 0 3	2, 5 4 8	0, 8 4 6
6, 5 0	1, 8 7 1 8	2, 5 5 0	0, 8 4 6
6, 5 1	1, 8 7 3 3	2, 5 5 1	0, 8 4 6
6, 5 2	1, 8 7 4 9	2, 5 5 3	0, 8 4 7
6, 5 3	1, 8 7 6 4	2, 5 5 5	0, 8 4 7
6, 5 4	1, 8 7 7 9	2, 5 5 7	0, 8 4 7
6, 5 5	1, 7 9 5	2, 5 5 9	0, 8 4 7
6, 5 6	1, 8 8 1 0	2, 5 6 1	0, 8 4 8
6, 5 7	1, 8 8 2 5	2, 5 6 3	0, 8 4 8
6, 5 8	1, 8 8 4 0	2, 5 6 5	0, 8 4 8
6, 5 9	1, 8 8 5 6	2, 5 6 7	0, 8 4 8
6, 6 0	1, 8 8 7 1	2, 5 6 9	0, 8 4 8

Tabela 14.

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
6, 6 1	1, 8 8 8 6	2, 5 7 1	0, 8 4 9
6, 6 2	1, 8 9 0 1	2, 5 7 3	0, 8 4 9
6, 6 3	1, 8 9 1 6	2, 5 7 5	0, 8 4 9
6, 6 4	1, 8 9 3 1	2, 5 7 7	0, 8 4 9
6, 6 5	1, 8 9 4 6	2, 5 7 9	0, 8 5 0
6, 6 6	1, 8 9 6 1	2, 5 8 1	0, 8 5 0
6, 6 7	1, 8 9 7 6	2, 5 8 3	0, 8 5 0
6, 6 8	1, 8 9 9 1	2, 5 8 5	0, 8 5 0
6, 6 9	1, 9 0 0 6	2, 5 8 6	0, 8 5 0
6, 7 0	1, 9 0 2 1	2, 5 8 8	0, 8 5 1
6, 7 1	1, 9 0 3 6	2, 5 9 0	0, 8 5 1
6, 7 2	1, 9 0 5 1	2, 5 9 2	0, 8 5 1
6, 7 3	1, 9 0 6 6	2, 5 9 4	0, 8 5 1
6, 7 4	1, 9 0 8 1	2, 5 9 6	0, 8 5 2
6, 7 5	1, 9 0 9 5	2, 5 9 8	0, 8 5 2
6, 7 6	1, 9 1 1 0	2, 6 0 0	0, 8 5 2
6, 7 7	1, 9 1 2 5	2, 6 0 2	0, 8 5 2
6, 7 8	1, 9 1 4 0	2, 6 0 4	0, 8 5 3
6, 7 9	1, 9 1 5 5	2, 6 0 6	0, 8 5 3
6, 8 0	1, 9 1 6 9	2, 6 0 8	0, 8 5 3
6, 8 1	1, 9 1 8 4	2, 6 1 0	0, 8 5 3
6, 8 2	1, 9 1 9 9	2, 6 1 2	0, 8 5 3
6, 8 3	1, 9 2 1 3	2, 6 1 3	0, 8 5 4
6, 8 4	1, 9 2 2 8	2, 6 1 5	0, 8 5 4
6, 8 5	1, 9 2 4 2	2, 6 1 7	0, 8 5 4
6, 8 6	1, 9 2 5 7	2, 6 1 9	0, 8 5 4
6, 8 7	1, 9 2 7 2	2, 6 2 1	0, 8 5 4
6, 8 8	1, 9 2 8 6	2, 6 2 3	0, 8 5 5
6, 8 9	1, 9 3 0 1	2, 6 2 5	0, 8 5 5
6, 9 0	1, 9 3 1 5	2, 6 2 7	0, 8 5 5
6, 9 1	1, 9 3 3 0	2, 6 2 9	0, 8 5 5
6, 9 2	1, 9 3 4 4	2, 6 3 1	0, 8 5 5
6, 9 3	1, 9 3 5 9	2, 6 3 2	0, 8 5 6
6, 9 4	1, 9 3 7 3	2, 6 3 4	0, 8 5 6
6, 9 5	1, 9 3 8 7	2, 6 3 6	0, 8 5 6
6, 9 6	1, 9 4 0 2	2, 6 3 8	0, 8 5 6
6, 9 7	1, 9 4 1 6	2, 6 4 0	0, 8 5 7
6, 9 8	1, 9 4 3 0	2, 6 4 2	0, 8 5 7
6, 9 9	1, 9 4 4 5	2, 6 4 4	0, 8 5 7
7, 0 0	1, 9 4 5 9	2, 6 4 6	0, 8 5 7

Tabela 15

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
7, 0 1	1, 9 4 7 3	2, 6 4 8	0, 8 5 7
7, 0 2	1, 9 4 8 8	2, 6 5 0	0, 8 5 8
7, 0 3	1, 9 5 0 2	2, 6 5 1	0, 8 5 8
7, 0 4	1, 9 5 1 6	2, 6 5 3	0, 8 5 8
7, 0 5	1, 9 5 3 0	2, 6 5 5	0, 8 5 8
7, 0 6	1, 9 5 4 4	2, 6 5 7	0, 8 5 8
7, 0 7	1, 9 5 5 9	2, 6 5 9	0, 8 5 9
7, 0 8	1, 9 5 7 3	2, 6 6 1	0, 8 5 9
7, 0 9	1, 9 5 8 7	2, 6 6 3	0, 8 5 9
7, 1 0	1, 9 6 0 1	2, 6 6 5	0, 8 5 9
7, 1 1	1, 9 6 1 5	2, 6 6 6	0, 8 5 9
7, 1 2	1, 9 6 2 9	2, 6 6 8	0, 8 6 0
7, 1 3	1, 9 6 4 3	2, 6 7 0	0, 8 6 0
7, 1 4	1, 9 6 5 7	2, 6 7 2	0, 8 6 0
7, 1 5	1, 9 6 7 1	2, 6 7 4	0, 8 6 0
7, 1 6	1, 9 6 8 5	2, 6 7 6	0, 8 6 0
7, 1 7	1, 9 6 9 9	2, 6 7 8	0, 8 6 1
7, 1 8	1, 9 7 1 3	2, 6 8 0	0, 8 6 1
7, 1 9	1, 9 7 2 7	2, 6 8 1	0, 8 6 1
7, 2 0	1, 9 7 4 1	2, 6 8 3	0, 8 6 1
7, 2 1	1, 9 7 5 5	2, 6 8 5	0, 8 6 1
7, 2 2	1, 9 7 6 9	2, 6 8 7	0, 8 6 1
7, 2 3	1, 9 7 8 2	2, 6 8 9	0, 8 6 2
7, 2 4	1, 9 7 9 6	2, 6 9 1	0, 8 6 2
7, 2 5	1, 9 8 1 0	2, 6 9 3	0, 8 6 2
7, 2 6	1, 9 8 2 4	2, 6 9 4	0, 8 6 2
7, 2 7	1, 9 8 3 8	2, 6 9 6	0, 8 6 2
7, 2 8	1, 9 8 5 1	2, 6 9 8	0, 8 6 3
7, 2 9	1, 9 8 6 5	2, 7 0 0	0, 8 6 3
7, 3 0	1, 9 8 7 9	2, 7 0 2	0, 8 6 3
7, 3 1	1, 9 8 9 2	2, 7 0 4	0, 8 6 3
7, 3 2	1, 9 9 0 6	2, 7 0 6	0, 8 6 3
7, 3 3	1, 9 9 2 0	2, 7 0 7	0, 8 6 4
7, 3 4	1, 9 9 3 3	2, 7 0 9	0, 8 6 4
7, 3 5	1, 9 9 4 7	2, 7 1 1	0, 8 6 4
7, 3 6	1, 9 9 6 1	2, 7 1 3	0, 8 6 4
7, 3 7	1, 9 9 7 4	2, 7 1 5	0, 8 6 4
7, 3 8	1, 9 9 8 8	2, 7 1 7	0, 8 6 5
7, 3 9	2, 0 0 0 1	2, 7 1 8	0, 8 6 5
7, 4 0	2, 0 0 1 5	2, 7 2 0	0, 8 6 5

Tabela 16

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
7, 4 1	2, 0 0 2 8	2, 7 2 2	0, 8 6 5
7, 4 2	2, 0 0 4 1	2, 7 2 4	0, 8 6 5
7, 4 3	2, 0 0 5 5	2, 7 2 6	0, 8 6 5
7, 4 4	2, 0 0 6 9	2, 7 2 8	0, 8 6 6
7, 4 5	2, 0 0 8 2	2, 7 2 9	0, 8 6 6
7, 4 6	2, 0 0 9 6	2, 7 3 1	0, 8 6 6
7, 4 7	2, 0 1 0 9	2, 7 3 3	0, 8 6 6
7, 4 8	2, 0 1 2 2	2, 7 3 5	0, 8 6 6
7, 4 9	2, 0 1 3 6	2, 7 3 7	0, 8 6 6
7, 5 0	2, 0 1 4 9	2, 7 3 9	0, 8 6 7
7, 5 1	2, 0 1 6 2	2, 7 4 0	0, 8 6 7
7, 5 2	2, 0 1 7 6	2, 7 4 2	0, 8 6 7
7, 5 3	2, 0 1 8 9	2, 7 4 4	0, 8 6 7
7, 5 4	2, 0 2 0 2	2, 7 4 6	0, 8 6 7
7, 5 5	2, 0 2 1 5	2, 7 4 8	0, 8 6 8
7, 5 6	2, 0 2 2 9	2, 7 5 0	0, 8 6 8
7, 5 7	2, 0 2 4 2	2, 7 5 1	0, 8 6 8
7, 5 8	2, 0 2 5 5	2, 7 5 3	0, 8 6 8
7, 5 9	2, 0 2 6 8	2, 7 5 5	0, 8 6 8
7, 6 0	2, 0 2 8 1	2, 7 5 7	0, 8 6 8
7, 6 1	2, 0 2 9 5	2, 7 5 9	0, 8 6 9
7, 6 2	2, 0 3 0 8	2, 7 6 0	0, 8 6 9
7, 6 3	2, 0 3 2 1	2, 7 6 2	0, 8 6 9
7, 6 4	2, 0 3 3 4	2, 7 6 4	0, 8 6 9
7, 6 5	2, 0 3 4 7	2, 7 6 6	0, 8 6 9
7, 6 6	2, 0 3 6 0	2, 7 6 8	0, 8 6 9
7, 6 7	2, 3 7 3	2, 7 7 0	0, 8 7 0
7, 6 8	2, 0 3 8 6	2, 7 7 1	0, 8 7 0
7, 6 9	2, 0 3 9 9	2, 7 7 3	0, 8 7 0
7, 7 0	2, 0 4 1 2	2, 7 7 5	0, 8 7 0
7, 7 1	2, 0 4 2 5	2, 7 7 7	0, 8 7 0
7, 7 2	2, 0 4 3 8	2, 7 7 8	0, 8 7 0
7, 7 3	2, 0 4 5 1	2, 7 8 0	0, 8 7 1
7, 7 4	2, 0 4 6 4	2, 7 8 2	0, 8 7 1
7, 7 5	2, 0 4 7 7	2, 7 8 4	0, 8 7 1
7, 7 6	2, 0 4 9 0	2, 7 8 6	0, 8 7 1
7, 7 7	2, 0 5 0 3	2, 7 8 7	0, 8 7 1
7, 7 8	2, 0 5 1 6	2, 7 8 9	0, 8 7 1
7, 7 9	2, 0 5 2 8	2, 7 9 1	0, 8 7 2
7, 8 0	2, 0 5 4 1	2, 7 9 3	0, 8 7 2

Tabela 17

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
7, 8 1	2, 0 5 5 4	2, 7 9 5	0, 8 7 2
7, 8 2	2, 0 5 6 7	2, 7 9 6	0, 8 7 2
7, 8 3	2, 0 5 8 0	2, 7 9 8	0, 8 7 2
7, 8 4	2, 0 5 9 2	2, 8 0 0	0, 8 7 2
7, 8 5	2, 0 6 0 5	2, 8 0 2	0, 8 7 3
7, 8 6	2, 0 6 1 8	2, 8 0 4	0, 8 7 3
7, 8 7	2, 0 6 3 1	2, 8 0 5	0, 8 7 3
7, 8 8	2, 0 6 4 3	2, 8 0 7	0, 8 7 3
7, 8 9	2, 0 6 5 6	2, 8 0 9	0, 8 7 3
7, 9 0	2, 0 6 6 9	2, 8 1 1	0, 8 7 3
7, 9 1	2, 0 6 8 1	2, 8 1 2	0, 8 7 4
7, 9 2	2, 0 6 9 4	2, 8 1 4	0, 8 7 4
7, 9 3	2, 0 7 0 7	2, 8 1 6	0, 8 7 4
7, 9 4	2, 0 7 1 9	2, 8 1 8	0, 8 7 4
7, 9 5	2, 0 7 3 2	2, 8 2 0	0, 8 7 4
7, 9 6	2, 0 7 4 4	2, 8 2 1	0, 8 7 4
7, 9 7	2, 0 7 5 7	2, 8 2 3	0, 8 7 5
7, 9 8	2, 0 7 6 9	2, 8 2 5	0, 8 7 5
7, 9 9	2, 0 7 8 2	2, 8 2 7	0, 8 7 5
8, 0 0	2, 0 7 9 4	2, 8 2 8	0, 8 7 5
8, 0 1	2, 0 8 0 7	2, 8 3 0	0, 8 7 5
8, 0 2	2, 0 8 1 9	2, 8 3 2	0, 8 7 5
8, 0 3	2, 0 8 3 2	2, 8 3 4	0, 8 7 5
8, 0 4	2, 0 8 4 4	2, 8 3 5	0, 8 7 6
8, 0 5	2, 0 8 5 7	2, 8 3 7	0, 8 7 6
8, 0 6	2, 0 8 6 9	2, 8 3 9	0, 8 7 6
8, 0 7	2, 0 8 8 2	2, 8 4 1	0, 8 7 6
8, 0 8	2, 0 8 9 4	2, 8 4 2	0, 8 7 6
8, 0 9	2, 0 9 0 6	2, 8 4 4	0, 8 7 6
8, 1 0	2, 0 9 1 9	2, 8 4 6	0, 8 7 7
8, 1 1	2, 0 9 3 1	2, 8 4 8	0, 8 7 7
8, 1 2	2, 0 9 4 3	2, 8 5 0	0, 8 7 7
8, 1 3	2, 0 9 5 6	2, 8 5 1	0, 8 7 7
8, 1 4	2, 0 9 6 8	2, 8 5 3	0, 8 7 7
8, 1 5	2, 0 9 8 0	2, 8 5 5	0, 8 7 7
8, 1 6	2, 0 9 9 2	2, 8 5 7	0, 8 7 7
8, 1 7	2, 1 0 0 5	2, 8 5 8	0, 8 7 8
8, 1 8	2, 1 0 1 7	2, 8 6 0	0, 8 7 8
8, 1 9	2, 1 0 2 9	2, 8 6 2	0, 8 7 8
8, 2 0	2, 1 0 4 1	2, 8 6 4	0, 8 7 8

Tabela 18

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_{\ell} + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_{\ell} + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_{\ell} + 1}$
8, 2 1	2, 1 0 5 4	2, 8 6 5	0, 8 7 8
8, 2 2	2, 1 0 6 6	2, 8 6 7	0, 8 7 8
8, 2 3	2, 1 0 7 8	2, 8 6 9	0, 8 7 8
8, 2 4	2, 1 0 9 0	2, 8 7 1	0, 8 7 9
8, 2 5	2, 1 1 0 2	2, 8 7 2	0, 8 7 9
8, 2 6	2, 1 1 1 4	2, 8 7 4	0, 8 7 9
8, 2 7	2, 1 1 2 6	2, 8 7 6	0, 8 7 9
8, 2 8	2, 1 1 3 8	2, 8 7 7	0, 8 7 9
8, 2 9	2, 1 1 5 0	2, 8 7 9	0, 8 7 9
8, 3 0	2, 1 1 6 3	2, 8 8 1	0, 8 8 0
8, 3 1	2, 1 1 7 5	2, 8 8 3	0, 8 8 0
8, 3 2	2, 1 1 8 7	2, 8 8 4	0, 8 8 0
8, 3 3	2, 1 1 9 9	2, 8 8 6	0, 8 8 0
8, 3 4	2, 1 2 1 1	2, 8 8 8	0, 8 8 0
8, 3 5	2, 1 2 2 3	2, 8 9 0	0, 8 8 0
8, 3 6	2, 1 2 3 5	2, 8 9 1	0, 8 8 0
8, 3 7	2, 1 2 4 7	2, 8 9 3	0, 8 8 1
8, 3 8	2, 1 2 5 8	2, 8 9 5	0, 8 8 1
8, 3 9	2, 1 2 7 0	2, 8 9 7	0, 8 8 1
8, 4 0	2, 1 2 8 2	2, 8 9 8	0, 8 8 1
8, 4 1	2, 1 2 9 4	2, 9 0 0	0, 8 8 1
8, 4 2	2, 1 3 0 6	2, 9 0 2	0, 8 8 1
8, 4 3	2, 1 3 1 8	2, 9 0 3	0, 8 8 1
8, 4 4	2, 1 3 3 0	2, 9 0 5	0, 8 8 2
8, 4 5	2, 1 3 4 2	2, 9 0 7	0, 8 8 2
8, 4 6	2, 1 3 5 3	2, 9 0 9	0, 8 8 2
8, 4 7	2, 1 3 6 5	2, 9 1 0	0, 8 8 2
8, 4 8	2, 1 3 7 7	2, 9 1 2	0, 8 8 2
8, 4 9	2, 1 3 8 9	2, 9 1 4	0, 8 8 2
8, 5 0	2, 1 4 0 1	2, 9 1 5	0, 8 8 2
8, 5 1	2, 1 4 1 2	2, 9 1 7	0, 8 8 2
8, 5 2	2, 1 4 2 4	2, 9 1 9	0, 8 8 3
8, 5 3	2, 1 4 3 6	2, 9 2 1	0, 8 8 3
8, 5 4	2, 1 4 4 8	2, 9 2 2	0, 8 8 3
8, 5 5	2, 1 4 5 9	2, 9 2 4	0, 8 8 3
8, 5 6	2, 1 4 7 1	2, 9 2 6	0, 8 8 3
8, 5 7	2, 1 4 8 3	2, 9 2 7	0, 8 8 3
8, 5 8	2, 1 4 9 4	2, 9 2 9	0, 8 8 3
8, 5 9	2, 1 5 0 6	2, 9 3 1	0, 8 8 4
8, 6 0	2, 1 5 1 8	2, 9 3 3	0, 8 8 4

Tabela 19.

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
8, 6 1	2, 1 5 2 9	2, 9 3 4	0, 8 8 4
8, 6 2	2, 1 5 4 1	2, 9 3 6	0, 8 8 4
8, 6 3	2, 1 5 5 2	2, 9 3 8	0, 8 8 4
8, 6 4	2, 1 5 6 4	2, 9 3 9	0, 8 8 4
8, 6 5	2, 1 5 7 6	2, 9 4 1	0, 8 8 4
8, 6 6	2, 1 5 8 7	2, 9 4 3	0, 8 8 5
8, 6 7	2, 1 5 9 9	2, 9 4 4	0, 8 8 5
8, 6 8	2, 1 6 1 0	2, 9 4 6	0, 8 8 5
8, 6 9	2, 1 6 2 2	2, 9 4 8	0, 8 8 5
8, 7 0	2, 1 6 3 3	2, 9 5 0	0, 8 8 5
8, 7 1	2, 1 6 4 5	2, 9 5 1	0, 8 8 5
8, 7 2	2, 1 6 5 6	2, 9 5 3	0, 8 8 5
8, 7 3	2, 1 6 6 8	2, 9 5 5	0, 8 8 5
8, 7 4	2, 1 6 7 9	2, 9 5 6	0, 8 8 6
8, 7 5	2, 1 6 9 1	2, 9 5 8	0, 8 8 6
8, 7 6	2, 1 7 0 2	2, 9 6 0	0, 8 8 6
8, 7 7	2, 1 7 1 3	2, 9 6 1	0, 8 8 6
8, 7 8	2, 1 7 2 5	2, 9 6 3	0, 8 8 6
8, 7 9	2, 1 7 3 6	2, 9 6 5	0, 8 8 6
8, 8 0	2, 1 7 4 8	2, 9 6 6	0, 8 8 6
8, 8 1	2, 1 7 5 9	2, 9 6 8	0, 8 8 6
8, 8 2	2, 1 7 7 0	2, 9 7 0	0, 8 8 7
8, 8 3	2, 1 7 8 2	2, 9 7 2	0, 8 8 7
8, 8 4	2, 1 7 9 3	2, 9 7 3	0, 8 8 7
8, 8 5	2, 1 8 0 4	2, 9 7 5	0, 8 8 7
8, 8 6	2, 1 8 1 5	2, 9 7 7	0, 8 8 7
8, 8 7	2, 1 8 2 7	2, 9 7 8	0, 8 8 7
8, 8 8	2, 1 8 3 8	2, 9 8 0	0, 8 8 7
8, 8 9	2, 1 8 4 9	2, 9 8 2	0, 8 8 8
8, 9 0	2, 1 8 6 1	2, 9 8 3	0, 8 8 8
8, 9 1	2, 1 8 7 2	2, 9 8 5	0, 8 8 8
8, 9 2	2, 1 8 8 3	2, 9 8 7	0, 8 8 8
8, 9 3	2, 1 8 9 4	2, 9 8 8	0, 8 8 8
8, 9 4	2, 1 9 0 5	2, 9 9 0	0, 8 8 8
8, 9 5	2, 1 9 1 7	2, 9 9 2	0, 8 8 8
8, 9 6	2, 1 9 2 8	2, 9 9 3	0, 8 8 8
8, 9 7	2, 1 9 3 9	2, 9 9 5	0, 8 8 9
8, 9 8	2, 1 9 5 0	2, 9 9 7	0, 8 8 9
8, 9 9	2, 1 9 6 1	2, 9 9 8	0, 8 8 9
9, 0 0	2, 1 9 7 2	3, 0 0 0	0, 8 8 9

Tabela 20

$\frac{l}{b_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
9, 0 1	2, 1 9 8 3	3, 0 0 2	0, 8 8 9
9, 0 2	2, 1 9 9 4	3, 0 0 3	0, 8 8 9
9, 0 3	2, 2 0 0 6	3, 0 0 5	0, 8 8 9
9, 0 4	2, 2 0 1 7	3, 0 0 7	0, 8 8 9
9, 0 5	2, 2 0 2 8	3, 0 0 8	0, 8 8 9
9, 0 6	2, 2 0 3 9	3, 0 1 0	0, 8 9 0
9, 0 7	2, 2 0 5 0	3, 0 1 2	0, 8 9 0
9, 0 8	2, 2 0 6 1	3, 0 1 3	0, 8 9 0
9, 0 9	2, 2 0 7 2	3, 0 1 5	0, 8 9 0
9, 1 0	2, 2 0 8 3	3, 0 1 7	0, 8 9 0
9, 1 1	2, 2 0 9 4	3, 0 1 8	0, 8 9 0
9, 1 2	2, 2 1 0 5	3, 0 2 0	0, 8 9 0
9, 1 3	2, 2 1 1 6	3, 0 2 2	0, 8 9 0
9, 1 4	2, 2 1 2 7	3, 0 2 3	0, 8 9 1
9, 1 5	2, 2 1 3 8	3, 0 2 5	0, 8 9 1
9, 1 6	2, 2 1 4 8	3, 0 2 7	0, 8 9 1
9, 1 7	2, 2 1 5 9	3, 0 2 8	0, 8 9 1
9, 1 8	2, 2 1 7 0	3, 0 3 0	0, 8 9 1
9, 1 9	2, 2 1 8 1	3, 0 3 1	0, 8 9 1
9, 2 0	2, 2 1 9 2	3, 0 3 3	0, 8 9 1
9, 2 1	2, 2 2 0 3	3, 0 3 5	0, 8 9 1
9, 2 2	2, 2 2 1 4	3, 0 3 6	0, 8 9 2
9, 2 3	2, 2 2 2 5	3, 0 3 8	0, 8 9 2
9, 2 4	2, 2 2 3 5	3, 0 4 0	0, 8 9 2
9, 2 5	2, 2 2 4 6	3, 0 4 1	0, 8 9 2
9, 2 6	2, 2 2 5 7	3, 0 4 3	0, 8 9 2
9, 2 7	2, 2 2 6 8	3, 0 4 5	0, 8 9 2
9, 2 8	2, 2 2 7 9	3, 0 4 6	0, 8 9 2
9, 2 9	2, 2 2 8 9	3, 0 4 8	0, 8 9 2
9, 3 0	2, 2 3 0 0	3, 0 5 0	0, 8 9 2
9, 3 1	2, 2 3 1 1	3, 0 5 1	0, 8 9 3
9, 3 2	2, 2 3 2 2	3, 0 5 3	0, 8 9 3
9, 3 3	2, 2 3 3 2	3, 0 5 4	0, 8 9 3
9, 3 4	2, 2 3 4 3	3, 0 5 6	0, 8 9 3
9, 3 5	2, 2 3 5 4	3, 0 5 8	0, 8 9 3
9, 3 6	2, 2 3 6 4	3, 0 5 9	0, 8 9 3
9, 3 7	2, 2 3 7 5	3, 0 6 1	0, 8 9 3
9, 3 8	2, 2 3 8 6	3, 0 6 3	0, 8 9 3
9, 3 9	2, 2 3 9 6	3, 0 6 4	0, 8 9 3
9, 4 0	2, 2 4 0 7	3, 0 6 6	0, 8 9 4

Tabela 21

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
9, 4 1	2, 2 4 1 8	3, 0 6 8	0, 8 9 4
9, 4 2	2, 2 4 2 8	3, 0 6 9	0, 8 9 4
9, 4 3	2, 2 4 3 9	3, 0 7 1	0, 8 9 4
9, 4 4	2, 2 4 5 0	3, 0 7 2	0, 8 9 4
9, 4 5	2, 2 4 6 0	3, 0 7 4	0, 8 9 4
9, 4 6	2, 2 4 7 1	3, 0 7 6	0, 8 9 4
9, 4 7	2, 2 4 8 1	3, 0 7 7	0, 8 9 4
9, 4 8	2, 2 4 9 2	3, 0 7 9	0, 8 9 5
9, 4 9	2, 2 5 0 2	3, 0 8 1	0, 8 9 5
9, 5 0	2, 2 5 1 3	3, 0 8 2	0, 8 9 5
9, 5 1	2, 2 5 2 3	3, 0 8 4	0, 8 9 5
9, 5 2	2, 2 5 3 4	3, 0 8 5	0, 8 9 5
9, 5 3	2, 2 5 4 4	3, 0 8 7	0, 8 9 5
9, 5 4	2, 2 5 5 5	3, 0 8 9	0, 8 9 5
9, 5 5	2, 2 5 6 5	3, 0 9 0	0, 8 9 5
9, 5 6	2, 2 5 7 6	3, 0 9 2	0, 8 9 5
9, 5 7	2, 2 5 8 6	3, 0 9 4	0, 8 9 6
9, 5 8	2, 2 5 9 7	3, 0 9 5	0, 8 9 6
9, 5 9	2, 2 6 0 7	3, 0 9 7	0, 8 9 6
9, 6 0	2, 2 6 1 8	3, 0 9 8	0, 8 9 6
9, 6 1	2, 2 6 2 8	3, 1 0 0	0, 8 9 6
9, 6 2	2, 2 6 3 8	3, 1 0 2	0, 8 9 6
9, 6 3	2, 2 6 4 9	3, 1 0 3	0, 8 9 6
9, 6 4	2, 2 6 5 9	3, 1 0 5	0, 8 9 6
9, 6 5	2, 2 6 7 0	3, 1 0 6	0, 8 9 6
9, 6 6	2, 2 6 8 0	3, 1 0 8	0, 8 9 6
9, 6 7	2, 2 6 9 0	3, 1 1 0	0, 8 9 7
9, 6 8	2, 2 7 0 1	3, 1 1 1	0, 8 9 7
9, 6 9	2, 2 7 1 1	3, 1 1 3	0, 8 9 7
9, 7 0	2, 2 7 2 1	3, 1 1 4	0, 8 9 7
9, 7 1	2, 2 7 3 2	3, 1 1 6	0, 8 9 7
9, 7 2	2, 2 7 4 2	3, 1 1 8	0, 8 9 7
9, 7 3	2, 2 7 5 2	3, 1 1 9	0, 8 9 7
9, 7 4	2, 2 7 6 2	3, 1 2 1	0, 8 9 7
9, 7 5	2, 2 7 7 3	3, 1 2 2	0, 8 9 7
9, 7 6	2, 2 7 8 3	3, 1 2 4	0, 8 9 8
9, 7 7	2, 2 7 9 3	3, 1 2 6	0, 8 9 8
9, 7 8	2, 2 8 0 3	3, 1 2 7	0, 8 9 8
9, 7 9	2, 2 8 1 4	3, 1 2 9	0, 8 9 8
9, 8 0	2, 2 8 2 4	3, 1 3 0	0, 8 9 8

Tabela 22

$\frac{\ell}{\ell_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_\ell + 1$	$\varphi = \ln(\varepsilon_\ell + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_\ell + 1}$
9, 8 1	2, 2 8 3 4	3, 1 3 2	0, 8 9 8
9, 8 2	2, 2 8 4 4	3, 1 3 4	0, 8 9 8
9, 8 3	2, 2 8 5 4	3, 1 3 5	0, 8 9 8
9, 8 4	2, 2 8 6 5	3, 1 3 7	0, 8 9 8
9, 8 5	2, 2 8 7 5	3, 1 3 8	0, 8 9 8
9, 8 6	2, 2 8 8 5	3, 1 4 0	0, 8 9 9
9, 8 7	2, 2 8 9 5	3, 1 4 2	0, 8 9 9
9, 8 8	2, 2 9 0 5	3, 1 4 3	0, 8 9 9
9, 8 9	2, 2 9 1 5	3, 1 4 5	0, 8 9 9
9, 9 0	2, 2 9 2 5	3, 1 4 6	0, 8 9 9
9, 9 1	2, 2 9 3 5	3, 1 4 8	0, 8 9 9
9, 9 2	2, 2 9 4 6	3, 1 5 0	0, 8 9 9
9, 9 3	2, 2 9 5 6	3, 1 5 1	0, 8 9 9
9, 9 4	2, 2 9 6 6	3, 1 5 3	0, 8 9 9
9, 9 5	2, 2 9 7 6	3, 1 5 4	0, 8 9 9
9, 9 6	2, 2 9 8 6	3, 1 5 6	0, 9 0 0
9, 9 7	2, 2 9 9 6	3, 1 5 8	0, 9 0 0
9, 9 8	2, 3 0 0 6	3, 1 5 9	0, 9 0 0
9, 9 9	2, 3 0 1 6	3, 1 6 1	0, 9 0 0
1 0, 0 0	2, 3 0 2 6	3, 1 6 2	0, 9 0 0
1 0, 2 5	2, 3 2 7 3	3, 2 0 2	0, 9 0 2
1 0, 5 0	2, 3 5 1 4	3, 2 4 0	0, 9 0 5
1 0, 7 5	2, 3 7 4 9	3, 2 7 9	0, 9 0 7
1 1, 0 0	2, 3 9 7 9	3, 3 1 7	0, 9 0 9
1 1, 2 5	2, 4 2 0 4	3, 3 5 4	0, 9 1 1
1 1, 5 0	2, 4 4 2 3	3, 3 9 1	0, 9 1 3
1 1, 7 5	2, 4 6 3 8	3, 4 2 8	0, 9 1 5
1 2, 0 0	2, 4 8 4 9	3, 4 6 4	0, 9 1 7
1 2, 2 5	2, 5 0 5 5	3, 5 0 0	0, 9 1 8
1 2, 5 0	2, 5 2 5 7	3, 5 3 6	0, 9 2 0
1 2, 7 5	2, 5 4 5 5	3, 5 7 1	0, 9 2 2
1 3, 0 0	2, 5 6 4 9	3, 6 0 6	0, 9 2 3
1 3, 2 5	2, 5 8 4 0	3, 6 4 0	0, 9 2 5
1 3, 5 0	2, 6 0 2 7	3, 6 7 4	0, 9 2 6
1 3, 7 5	2, 6 2 1 0	3, 7 0 8	0, 9 2 7
1 4, 0 0	2, 6 3 9 1	3, 7 4 2	0, 9 2 9
1 4, 2 5	2, 6 5 6 8	3, 7 7 5	0, 9 3 0
1 4, 5 0	2, 6 7 4 1	3, 8 0 8	0, 9 3 1
1 4, 7 5	2, 6 9 1 2	3, 8 4 1	0, 9 3 2
1 5, 0 0	2, 7 0 8 1	3, 8 7 3	0, 9 3 3

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
1 5, 5	2, 7 4 0 8	3, 9 3 7	0, 9 3 5
1 6, 0	2, 7 7 2 6	4, 0 0 0	0, 9 3 7
1 6, 5	2, 8 0 3 4	4, 0 6 2	0, 9 3 9
1 7, 0	2, 8 3 3 2	4, 1 2 3	0, 9 4 1
1 7, 5	2, 8 6 2 2	4, 1 8 3	0, 9 4 3
1 8, 0	2, 8 9 0 4	4, 2 4 3	0, 9 4 4
1 8, 5	2, 9 1 7 8	4, 3 0 1	0, 9 4 6
1 9, 0	2, 9 4 4 4	4, 3 5 9	0, 9 4 7
1 9, 5	2, 9 7 0 4	4, 4 1 6	0, 9 4 9
2 0, 0	2, 9 9 5 7	4, 4 7 2	0, 9 5 0
2 1	3, 0 4 4 5	4, 5 8 3	0, 9 5 2
2 2	3, 0 9 1 0	4, 6 9 0	0, 9 5 5
2 3	3, 1 3 5 5	4, 7 9 6	0, 9 5 7
2 4	3, 1 7 8 1	4, 8 9 9	0, 9 5 8
2 5	3, 2 1 8 9	5, 0 0 0	0, 9 6 0
2 6	3, 2 5 8 1	5, 0 9 9	0, 9 6 2
2 7	3, 2 9 5 8	5, 1 9 6	0, 9 6 3
2 8	3, 3 3 2 2	5, 2 9 1	0, 9 6 4
2 9	3, 3 6 7 3	5, 3 8 5	0, 9 6 6
3 0	3, 4 0 1 2	5, 4 7 7	0, 9 6 7
3 1	3, 4 3 4 0	5, 5 6 8	0, 9 6 8
3 2	3, 4 6 5 7	5, 6 5 7	0, 9 6 9
3 3	3, 4 9 6 5	5, 7 4 5	0, 9 7 0
3 4	3, 5 2 6 4	5, 8 3 1	0, 9 7 1
3 5	3, 5 5 5 3	5, 9 1 6	0, 9 7 1
3 6	3, 5 8 3 5	6, 0 0 0	0, 9 7 2
3 7	3, 6 1 0 9	6, 0 8 3	0, 9 7 3
3 8	3, 6 3 7 6	6, 1 6 4	0, 9 7 4
3 9	3, 6 6 3 6	6, 2 4 5	0, 9 7 4
4 0	3, 6 8 8 9	6, 3 2 5	0, 9 7 5
4 1	3, 7 1 3 6	6, 4 0 3	0, 9 7 6
4 2	3, 7 3 7 7	6, 4 8 1	0, 9 7 6
4 3	3, 7 6 1 2	6, 5 5 7	0, 9 7 7
4 4	3, 7 8 4 2	6, 6 3 3	0, 9 7 7
4 5	3, 8 0 6 7	6, 7 0 8	0, 9 7 8
4 6	3, 8 2 8 6	6, 7 8 2	0, 9 7 8
4 7	3, 8 5 0 1	6, 8 5 6	0, 9 7 9
4 8	3, 8 7 1 2	6, 9 2 8	0, 9 7 9
4 9	3, 8 9 1 8	7, 0 0 0	0, 9 8 0
5 0	3, 9 1 2 0	7, 0 7 1	0, 9 8 0

Tabela 24

$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} = \varepsilon_l + 1$	$\psi = \ln(\varepsilon_l + 1)$	$\frac{d_0}{d} = \sqrt{\frac{S_0}{S}}$	$\varepsilon_s = 1 - \frac{1}{\varepsilon_l + 1}$
5 1	3, 9 3 1 8	7, 1 4 1	0, 9 8 0
5 2	3, 9 5 1 2	7, 2 1 1	0, 9 8 1
5 3	3, 9 7 0 3	7, 2 8 0	0, 9 8 1
5 4	3, 9 8 9 0	7, 3 4 8	0, 9 8 1
5 5	4, 0 0 7 3	7, 4 1 6	0, 9 8 2
5 6	4, 0 2 5 4	7, 4 8 3	0, 9 8 2
5 7	4, 0 4 3 1	7, 5 5 0	0, 9 8 2
5 8	4, 0 6 0 4	7, 6 1 6	0, 9 8 3
5 9	4, 0 7 7 5	7, 6 8 1	0, 9 8 3
6 0	4, 0 9 4 3	7, 7 4 6	0, 9 8 3
6 1	4, 1 1 0 9	7, 8 1 0	0, 9 8 4
6 2	4, 1 2 7 1	7, 8 7 4	0, 9 8 4
6 3	4, 1 4 3 1	7, 9 3 7	0, 9 8 4
6 4	4, 1 5 8 9	8, 0 0 0	0, 9 8 4
6 5	4, 1 7 4 4	8, 0 6 2	0, 9 8 5
6 6	4, 1 8 9 7	8, 1 2 4	0, 9 8 5
6 7	4, 2 0 4 7	8, 1 8 5	0, 9 8 5
6 8	4, 2 1 9 5	8, 2 4 6	0, 9 8 5
6 9	4, 2 3 4 1	8, 3 0 7	0, 9 8 6
7 0	4, 2 4 8 5	8, 3 6 7	0, 9 8 6
7 1	4, 2 6 2 7	8, 4 2 6	0, 9 8 6
7 2	4, 2 7 6 7	8, 4 8 5	0, 9 8 6
7 3	4, 2 9 0 5	8, 5 4 4	0, 9 8 6
7 4	4, 3 0 4 1	8, 6 0 2	0, 9 8 6
7 5	4, 3 1 7 5	8, 6 6 0	0, 9 8 7
7 6	4, 3 3 0 7	8, 7 1 8	0, 9 8 7
7 7	4, 3 4 3 8	8, 7 7 5	0, 9 8 7
7 8	4, 3 5 6 7	8, 8 3 2	0, 9 8 7
7 9	4, 3 6 9 4	8, 8 8 9	0, 9 8 7
8 0	4, 3 8 2 0	8, 9 4 4	0, 9 8 7
8 2	4, 4 0 6 7	9, 0 5 5	0, 9 8 8
8 4	4, 4 3 0 8	9, 1 6 5	0, 9 8 8
8 6	4, 4 5 4 3	9, 2 7 4	0, 9 8 8
8 8	4, 4 7 7 3	9, 3 8 1	0, 9 8 9
9 0	4, 4 9 9 8	9, 4 8 7	0, 9 8 9
9 2	4, 5 2 1 8	9, 5 9 2	0, 9 8 9
9 4	4, 5 4 3 3	9, 6 9 5	0, 9 8 9
9 6	4, 5 6 4 3	9, 7 9 8	0, 9 8 9
9 8	4, 5 8 5 0	9, 8 9 9	0, 9 8 9
1 0 0	4, 6 0 5 2	1 0, 0 0 0	0, 9 9 0