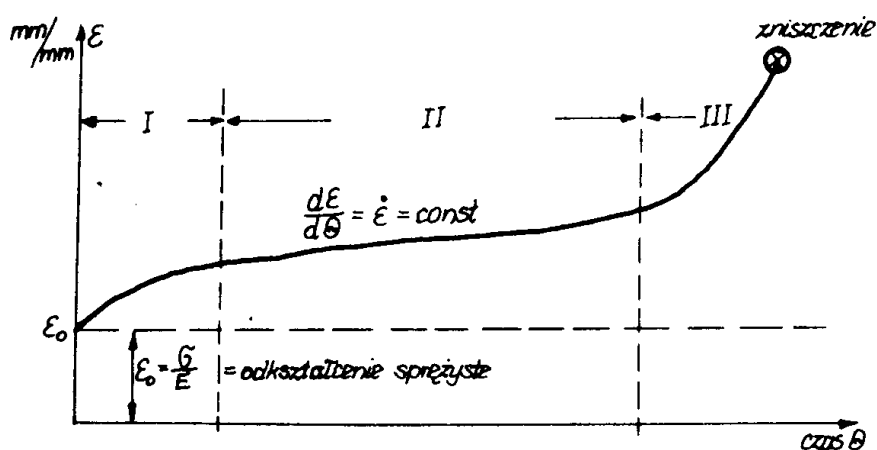


2.3.5. Zmiany kształtu – pełzanie

Pełzanie materiału i związane z tym zmiany kształtu elementów maszyn formalnie nie zalicza się do zmian zużyciowych. Niemniej jednak efekty, jakie ono wywołuje w naprężonych elementach maszynowych pracujących przy wysokich temperaturach i wpływie drgań w pełni usprawiedliwia uznanie pełzania (płynięcia) jako odrębnego i istotnego sposobu zużywania. Pełzanie najłatwiej zdefiniować na prostym rozciąganiu próbki w temperaturze kilkuset stopni Celsjusza. Po przyłożeniu naprężenia σ otrzymujemy natychmiastowe odkształcenie sprężyste $\epsilon_0 = \sigma/E$. Utrzymanie zaś stałej siły rozciągającej powoduje powolny przyrost wydłużenia względnego, przyspieszony w pierwszym okresie, ustabilizowany $\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{d\theta} = const$ w drugim okresie, oraz przyspieszony prowadzący do zerwania w trzecim okresie, tak jak na rysunku 2.21.



Rys.2.21. Trzy etapy procesu pełzania materiałów w podwyższonych temperaturach [36]

Najprostsze oszacowanie deformacji podczas pełzania można przedstawić w postaci [36 rozdz.19]:

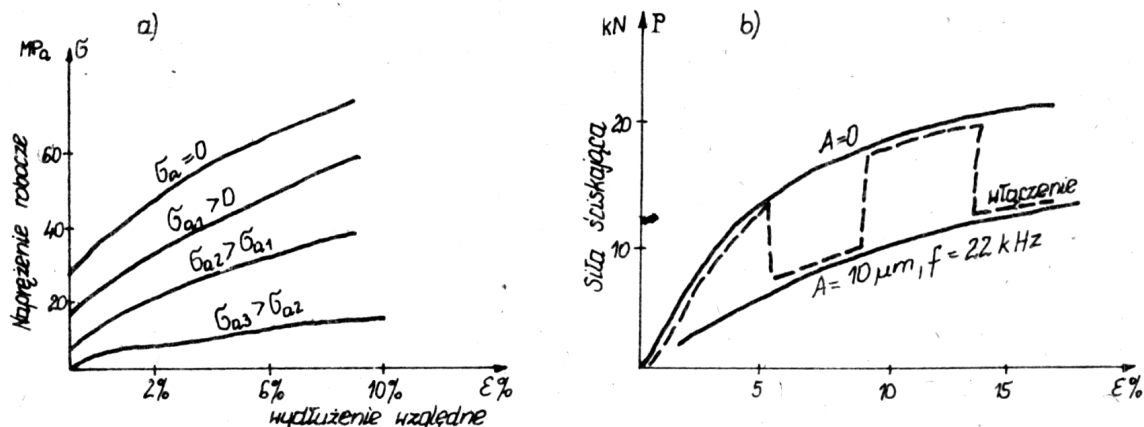
$$\epsilon = \epsilon_0 + e \cdot \sigma^d \cdot \theta = \frac{\sigma}{E} + e \cdot \sigma^d \cdot \theta \quad (2.24)$$

gdzie stałe e i d zależą silnie od materiału i temperatury, zaś θ jest czasem ekspozycji.

Współczesne wyjaśnienia zjawiska płynięcia bazują na ruchach dyslokacji, które uzyskują dodatkowe energii aktywacji z przyłożonego naprężenia i podwyższonej temperatury. Jak wiadomo zaś z rozdziału o emisji akustycznej (2.1.11). ruch dyslokacji lub propagacja szczeliny może nastąpić, jeśli naprężenia na krawędzi dyslokacji/szczeliny przekroczą granicę plastyczności, która dla danego naprężenia obniża się silnie ze wzrostem temperatury.

Jak łatwo jednak przypuszczać, temperatura nie musi być jedynym sposobem aktywacji dyslokacji i mikro szczelin. Mogą to równie dobrze zrobić małe drgania nałożone na obciążenia robocze, gdy $\sigma = \sigma_0 + \sigma_a \cos(2\pi f t)$. Że jest to zjawisko znaczące świadczą prace Jakowluka i sympozjum zwołane na temat pełzania i wibro pełzania [42].

Dla wysokich częstotliwości drgań rzędu kilkudziesięciu kHz nałożonych na obciążenie pierwotne σ_0 , obniżenie granicy plastyczności i możliwość pełzania materiału jest znacząca - nawet w temperaturze pokojowej. Może to prowadzić nawet do 80% obniżenia wartości granicy plastyczności [43]. Rezultaty te ilustrują wykresy rozciągania [43] i ściskania próbek [44] przy różnych amplitudach drgań ultradźwiękowych (rys.2.22



Rys.2.22. Wpływ ultradźwięków na proces rozciągania próbek aluminium [43] (a) oraz ściskania tego samego materiału [44] (b), z widocznym efektem włączania i wyłączania ultradźwięków (linia przerywana)

Patrząc w świetle tych wyników na relację pełzania (2.24) należy stwierdzić, że jej drugi człon musi silnie zależeć od temperatury i częstotliwości drgań (bądź częstotliwości składowej dynamicznej naprężenia). Mając to na względzie możemy do celów jakościowych przepisać tę relację inaczej

$$\epsilon = \frac{\sigma_0}{E} + e(T) \cdot \sigma_0^d \cdot \theta + g(f) \sigma_a \cdot \theta \quad (2.25)$$

gdzie: T - jest temperatura próbki, f - częstotliwości składowej dynamicznej naprężenia, g - nowa stała, zależna od rodzaju materiału i warunków próby, θ - czasem trwania próby. Ostatni człon relacji przedstawia wibro pełzanie i staje się niezwykle istotny dla częstotliwości rzędu kilkudziesięciu kilo hertzów.

Podsumowując ustęp o zmianie kształtu obciążonych elementów maszyn instalacji trzeba stwierdzić, że drgania, zwłaszcza wysoko częstościowe mogą ten proces znacznie przyspieszyć dla temperatur wysokich, a dla temperatur niskich wręcz umożliwić pełzanie i zmianę kształtu.