

DUTTILITA' DELL'ACCIAIO E PROCESSO DI PRODUZIONE A FREDDO

Dott. Loris Bianco

La norma Europea prEN10080 nella sua versione del 1999 prevedeva tre diversi gradi di duttilità A,B,C rispettivamente a duttilità normale, alta e per applicazioni sismiche. Nella tabella seguente sono riportati tre tipi di Acciaio che si differenziano per i parametri caratteristici della Duttilità: Rm/Re ed Agt.

La preparazione di questa norma ed i valori in essa indicati per i tre gradi di acciaio sono il risultato del confronto tra quanto messo a disposizione dall'industria Europea con i processi esistenti e quanto richiesto dalla progettazione e codificato negli Eurocodici.

Pr EN10080–1999: gradi di acciaio A, B, C

Part of standard	prEN10080-2			prEN10080-3		prEN10080-4	
	Coils	Coils	Coils	Bars	Coils	Bars	Coils
Product form	Ribbed	Indented	Plain	Ribbed	Ribbed	Ribbed	Ribbed
Surface geometry	A	A	A	B	B	C	C
Ductility category	5-16	4-16	4-16	6-40	6-16	6-40	6-16
Nominal diameter [mm]	500			500		450 ^d	
Yield strenght Re [N/mm ²]	1.05 ^e	1.05 ^e		1.08		≥ 1.15 ≤ 1.35	
Ratio Rm/Re [-]	2.5 ^f	2.5 ^f		5.0		7.5	
Elongation max. force Agt [%]							

La Norma Europea EN10080 si è poi evoluta nella versione del 2005 che considera solo gli aspetti comuni e lascia la definizione dei vari gradi di acciaio ai singoli paesi. In Italia, tenendo conto della elevata sismicità del territorio, sono stati definiti due tipi di acciaio riportati nella tabella. Il grado B450A corrisponde, come valori di duttilità, a quello a duttilità normale; il grado B450C a quello con duttilità per applicazioni sismiche. Tenendo conto della minore duttilità il Testo Unitario penalizza in modo determinante l'uso dell'acciaio B450A, che va quindi utilizzato solamente per costruzioni in zone non sismiche, e, nella valutazione del momento ultimo o della tensione ammissibile, impone un coefficiente di modello $\gamma_E=1,2$ tale da comportare un incremento del 20% della quantità di acciaio nelle costruzioni.

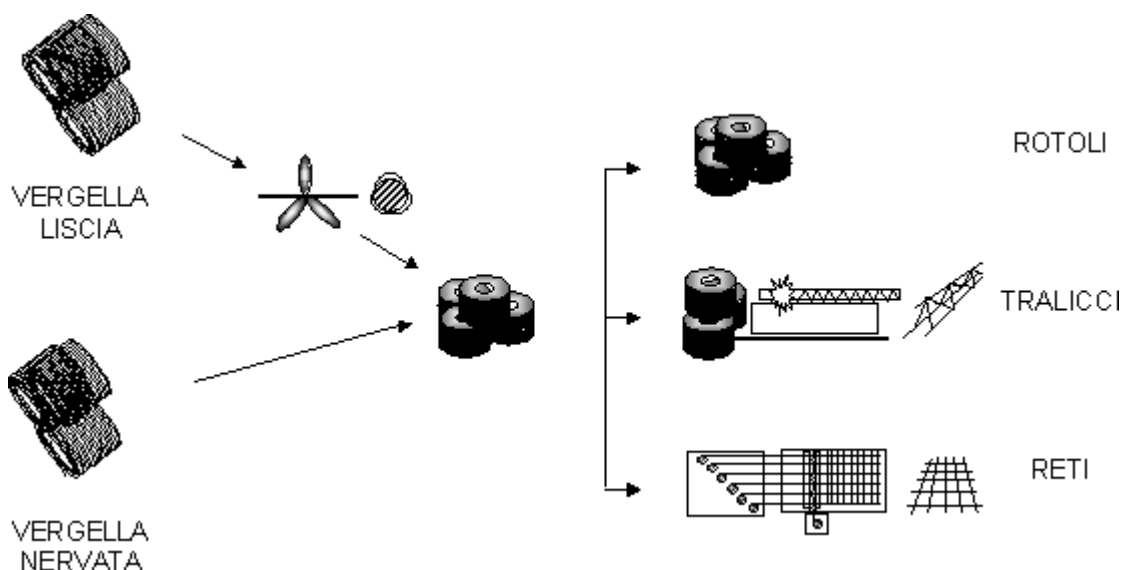
Testo Unitario (DM14.9.2005): Gradi di acciaio

			B450 A	B450C
f_{yk}	Re_k	(N/mm ²)	450	450
f_{tk}	Rm_k	(N/mm ²)	540	540
$(f_t/f_y)_k$	$(Rm/Re)_k$		≥1,05	≥1,10 ≤1,35
$(f_y/f_{ynom})_k$	$(Re/Re_{nom})_k$		< 1,20	< 1,20
$(Agt)_k$	$(Agt)_k$	(%)	≥ 3	≥ 7

Il processo di produzione delle barre nervate avviene attraverso la laminazione a caldo di acciai di composizione chimica adeguata ad ottenere la saldabilità. Questo processo consente di ottenere duttilità adatte alle applicazioni sismiche.

In questa nota ci occuperemo dei materiali che invece sono ottenuti in forma di rotolo e che

necessitano di una deformazione a freddo per poter essere impiegati.



I processi attualmente disponibili partono da due diversi tipi di laminato a caldo: vergella liscia o vergella nervata.

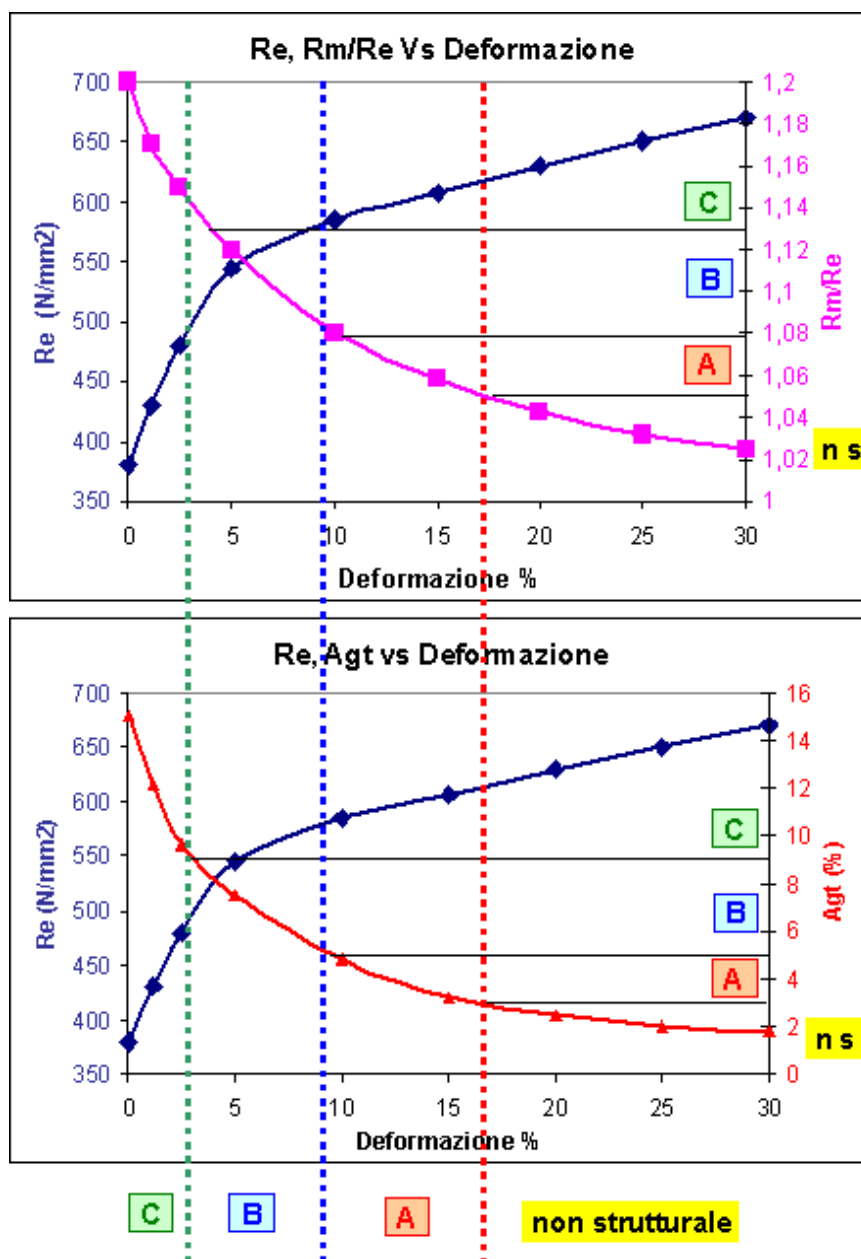
Nel caso della vergella liscia è necessario che questa venga sottoposta ad una operazione di laminazione a freddo, impropriamente detta "trafila" (normalmente 3 rulli inclinati a 120°) che provocano la formazione delle nervature in rilievo. Per ottenere nervature con un rilievo sufficiente per assicurare l'aderenza al calcestruzzo, questa deformazione deve normalmente comportare una riduzione della sezione (deformazione) maggiore del 20%, tipicamente i processi attuali adottano deformazioni del 25-30%. Questa deformazione e l'incrudimento che questa comporta è tenuta in considerazione nella scelta degli acciai impiegati: normalmente sono acciai a basso carbonio (C 0.10%) e quindi saldabili.

Nel caso della vergella nervata direttamente nel processo di laminazione a caldo questa operazione di deformazione a freddo non è più necessaria. Resta la necessità di raddrizzare il materiale: anche questa è una deformazione a freddo che comporta però una riduzione della sezione solo di circa 1%. In alcuni processi di raddrizzatura questa deformazione può raggiungere il valore di 5-7%. Di questo è necessario tener conto sia per l'incrudimento che essa provoca sia per ottenere le caratteristiche finali con una analisi che dovrà essere un po' più ricca di quella precedente (carbonio 0.20%), sempre garantendo la saldabilità. In questo caso i fasci di vergella nervata potranno essere impiegati tal quali oppure ribobinati per ottenere i prodotti finali: rotoli, reti e tralicci.

L'aspetto visivo dei materiali ottenuti con i due processi differisce per la simmetria della superficie: a caldo si presenta con due o quattro facce, a freddo con tre. Ciò consente di riconoscere in modo semplice il processo di origine del materiale.

Nel grafico seguente ho cercato di riassumere in modo qualitativo quanto viene attualmente ottenuto nei processi industriali evidenziando in particolare i parametri della duttilità R_m/Re ed A_{gt} ed il loro andamento in funzione della deformazione a freddo espressa come riduzione percentuale della sezione della vergella.

Nello stesso grafico sono riportati i limiti per la duttilità degli acciai tipo A, B, C.



Come si può osservare i valori della duttilità (R_m/Re ed A_{gt}) diminuiscono al crescere della deformazione a freddo mentre il valore dello snervamento Re cresce. I diversi limiti della duttilità sono soddisfatti solo in determinati campi di deformazione:

- C (sismica) – solo con deformazioni inferiori a 2.5% (in pratica solo una raddrizzatura non molto spinta)
- B (alta) – con deformazioni nell'intorno del 5 % (questo acciaio normalmente è previsto come B500B quindi con uno snervamento minimo di 500 N/mm²) ed in ogni caso inferiori all'8%
- A (normale) – con deformazioni inferiori al 17%

Il confronto di questi dati con quanto descritto in precedenza evidenzia la necessità di rivedere il processo con cui si ottiene i prodotti per cemento armato attraverso la deformazione a freddo.

Alcune considerazioni al riguardo:

- Deformazioni dell'ordine del 25-30% portano ad acciai che non possono essere definiti B450A e quindi non possono essere impiegati per usi strutturali. (Potranno essere ad esempio impiegati sottoforma di reti come antifessurazione)
- E' possibile immaginare di recuperare la duttilità attraverso un trattamento termico

del prodotto deformato a freddo con tassi di deformazione elevata (>17%) che potranno essere fatti con temperature di 400-450°C. In questo modo si possono ottenere i valori dell'acciaio B450A.

- In alcuni paesi del Nord Europa la riduzione inferiore al 17% necessaria ad ottenere la qualità B500B comporta la formazione di una superficie "indentata" (nervature impresse al posto di quelle in rilievo). Tuttavia lo scarso indice di aderenza che si ottiene impone il limite all'utilizzo come elettrosaldati ove il nodo di saldatura garantisce l'aderenza al calcestruzzo mancante.

Dott. Loris Bianco