

Ingegneria materiali a confronto

riassuntini.com/ingegneria/ingegneria-materiali-a-confronto.html

Panoramica materiali a confronto

Riportiamo qui i materiali più utilizzati nel mondo ciclistico per la realizzazione di telai, evitando di discutere Alluminio, Acciaio e Titanio, per i quali sono state realizzati approfondimenti specifici. Forniamo innanzitutto una tabella puramente indicativa delle proprietà principali dei materiali descritti. Ovviamente non compaiono le fibre di carbonio in quanto, come discuteremo, le proprietà di un loro manufatto sono fortemente direzionali. Tratteremo più avanti e specificatamente le proprietà di alcune singole leghe utilizzate.

TABELLA DEI MATERIALI					
Materiale	E -N/mm ²	Rs -N/mm ²	Rm -N/mm ²	P.Spec. kg/dm ³	A%
Acciaio al carbonio	206000	235	360	7,8	8
Acciaio al carbonio Mn	206000	350	500	7,8	10
Acciaio al Cr-Mb	206000	600	900	7,8	12
Acciaio microlegato	206000	820	1250	7,8	12
Acciaio Microlegato-temprato	206000	920	1400	7,8	13
Lega alluminio	70000	350	400	2,7	10
Lega titanio 3Al-2,5V	103000	720	860	4,5	10*
Lega titanio 6Al-4V	125000	880	1100	4,5	7*

E = modulo elastico; viene misurato in Newton su millimetro quadrato (N/mm²). Definisce la capacità del materiale di deformarsi, sottoposto ad una forza e tornare nella posizione originaria. Più il valore è elevato e più il materiale è rigido.

Rs = carico di snervamento; rappresenta il limite, il confine fra le deformazioni elastiche (la capacità del materiale di ritornare nella posizione precedente la sollecitazione) e quelle plastiche (permanenti).

Rm = carico di rottura; misurato anch'esso in N/mm².

P.Spec. = peso specifico

A% = allungamento percentuale; definisce quanto un materiale si deforma prima della rottura.

*allungamento di una semplice cold-worked. Dopo annealing, raggiunge anche il 30%!

ACCIAIO

ALLUMINIO

TITANIO

CARBONIO

Il carbonio appare oggi come l'ultima frontiera, lo stato dell'arte, il materiale cioè più recente e che ha ancora le maggiori potenzialità inesprese. Innanzi tutto è bene precisare che quando si parla di carbonio si intende in realtà un composto realizzato da **fibre di carbonio come componente strutturale e da resina epossidica**. Quest'ultima funge in pratica da cemento che unisce le fibre. Qui sta infatti la netta differenza del carbonio rispetto a tutti gli altri materiali: mentre normalmente si producono tubi di metallo che sono poi saldati insieme, con il carbonio il metodo di realizzazione dei telai è completamente diverso. Non si parte da tubi, ma da "pelli" composte da fibra di carbonio preimpregnata di resina (è anche possibile usare fibra pura e aggiungere la resina a piacere in seguito, ma questo procedimento è in genere più difficile e rischioso). Si deve poi creare uno stampo, che può avere le forme più svariate; ecco perché i telai in carbonio hanno geometrie stranissime, frutto, come sempre succede, sia di analisi tecniche e strutturali che di moda e parametri estetici (anche l'occhio vuole la sua parte, come si dice!). All'interno dello stampo vengono stese le pelli e in base allo spessore e, fatto di fondamentale importanza, all'orientamento di queste ultime, si possono determinare punto per punto le caratteristiche di resistenza ed elasticità del telaio. Anche sotto questo aspetto troviamo una netta differenza rispetto ai materiali classici: **orientando opportunamente le fibre, anche a pari spessore del materiale, si ottengono caratteristiche di resistenza e rigidità ben diverse**. Il materiale viene poi compresso in autoclave e scaldato; la resina catalizza e si indurisce. **E' possibile creare telai cosiddetti monoscocca in un solo pezzo, oppure produrre due semi-telai e incollarli insieme**. La prima tecnologia è più "pura" ma in effetti il materiale è sempre deposto in due semigusci per motivi pratici; inoltre poiché lo stampo è chiuso, non è possibile controllare adeguatamente quello che succede al suo interno soprattutto nella zona di contatto tra i due gusci. In altre parole questa tecnologia necessita di moltissima esperienza ed ha un coefficiente di rischio maggiore. L'unione di due gusci invece, permette di controllarne perfettamente l'interno prima dell'incollaggio, anche se è necessario aggiungere un passaggio produttivo ulteriore. Sebbene comunemente si consideri la colla come rimedio di emergenza, a livello industriale questa può offrire livelli di resistenza incredibili, al punto tale da essere utilizzata anche in aeronautica per la realizzazioni di parti di aereo! Quindi niente paura se i due gusci sono incollati, purché il telaio sia stato prodotto da un esperto!

Esistono anche telai realizzati con tubi di carbonio (Fig. a sx), ma questa soluzione è sempre più rara. Infatti, data la possibilità di realizzare qualunque geometria, non si vede perché ricorrere proprio ai tubi che oltretutto, richiedono di essere uniti tramite giunzioni in metallo incollate che rappresentano un notevole punto debole dell'intera struttura. Un telaio completo in carbonio, contrariamente a quanto ci si potrebbe aspettare, **pesa come i migliori telai di acciaio ed alluminio**, circa 1500 grammi. Ancora una volta il materiale in sé non cambia il peso del telaio finito! In compenso si possono ottenere caratteristiche differenti di rigidità e robustezza nelle varie sezioni del telaio. Va anche detto che le tecnologie di lavorazione del carbonio sono ancora agli inizi e che la continua diffusione di questo materiale in settori estremi come la Formula 1 o l'aeronautica avrà sicuramente come effetto un miglioramento delle tecnologie e una diminuzione dei costi del materiale. Inoltre, poiché un telaio in carbonio richiede sia un attento studio delle proprietà del materiale che la realizzazione di uno stampo apposito, si può ipotizzare che qualora la produzione fosse di molte migliaia di pezzi, i costi potrebbero calare drasticamente. Il carbonio appare quindi come il materiale che potrà riservarci più sorprese in futuro.

ALTRI MATERIALI

Ovviamente la fantasia dei progettisti si è sbizzarrita e sono quindi stati realizzati (o sono allo studio) telai realizzati con altri materiali. Citiamo, per completezza, quelli più noti. **La Specialized** ha realizzato un metallo a matrice ceramica, in pratica si tratta di una **lega di alluminio speciale rinforzata con particelle ceramiche di ossido**. Il risultato è un composto leggero come il titanio, estremamente rigido e molto robusto che permette, secondo Specialized, di costruire telai più leggeri del 10% rispetto a quelli realizzati con alluminio 6061. Negli ultimi anni sono stati messi a punto processi produttivi, mutuati dall'industria aeronautica, basati sull'utilizzo di **resine termoplastiche**, grazie all'utilizzo di queste resine, sono stati messi a punto processi di formatura ad iniezione non facilmente realizzabili con le tradizionali resine termoindurenti. I risultati ottenuti sono stati incoraggianti tali da mettere in discussione la leadership incontrastata delle resine termoindurenti. Altri costruttori stanno valutando l'utilizzo del **berillio, componente noto per la sua durezza, che potrebbe essere combinato con l'alluminio** nonché l'utilizzo di **fibre di vetro** alternativamente a quelle di carbonio. Insomma il campo dei materiali è in continua evoluzione e probabilmente i prossimi anni vedranno l'avvento di novità significative per prezzo e prestazioni.

2.1 Alluminio

Le prime applicazioni dell'alluminio nel campo ciclistico si sono avute nei primi anni 80 grazie ad aziende come **Cannondale** e **Alan**, che per prime hanno creduto nelle proprietà delle leghe di alluminio. In genere è stata comunque l'industria d'oltre oceano, legata allo sviluppo negli anni 80 della **MTB**, a concentrarsi sull'evoluzione di telai basati sull'alluminio: ne sono altri esempi Marin, Klein, Gary Fisher e Trek leader del settore fuoristrada.

L'alluminio è l'elemento più abbondante della crosta terrestre da dove è estratto (Australia, Guinea e Sierra Leone) attraverso le rocce di **bauxite**, per le quali rappresenta il minerale base. L'industria mondiale dell'alluminio ne produce ogni anno 10 milioni di tonnellate per un giro d'affari stimato intorno ai 70.000 miliardi di lire.

Il processo per l'estrazione dell'alluminio puro (processo Bayer) è molto **dispendioso energeticamente** (30 KWh/Kg) ed è per questo che, pur essendo presente sulla terra in grandi quantità, il suo costo è abbastanza **elevato**, specie se paragonato con quello degli acciai. Il 20-30% dei costi di produzione viene assorbito dalla spesa energetica. Le **recenti tecnologie** dei processi estrattivi stanno però colmando il gap e l'alluminio sta diventando sempre più economico.

Non si deve dimenticare l'impatto ambientale visto che si ha produzione di scorie molto inquinanti e di difficile smaltimento. Per questi motivi il riciclaggio dell'alluminio è molto diffuso. Si calcola infatti che vengono riciclate la totalità degli sfridi di produzione industriale, più della metà dell'alluminio proveniente dal settore civile e meccanico. E' invece ancora scarsa la quantità di imballaggi per alimentari (perlopiù lattine per bibite) proveniente dai rifiuti solidi urbani che si invia al recupero. Il consumo di energia richiesto per ottenere alluminio riciclato è pari a circa 28.5 : 1 in confronto alla prima produzione e la produzione di scorie è molto limitata.

E' metallo ad alta resistenza, bassa densità ed elevata resistenza a corrosione, così come sono elevate le conducibilità termica ed elettrica; ha inoltre buona tenacità e duttilità, non è magnetico ed è lavorabile agli utensili, con una varietà di finitura che permette di migliorarne le proprietà meccaniche, così come la resistenza a corrosione.

Numero Atomico	13
Peso Atomico	26.97
Struttura Cristallina	FCC (cubica a facce centrate)

Densità	2.7 g/cm ³
Punto di Fusione	658°C
Punto di Ebollizione	2270°C
Calore Specifico	0.90 J/g°C
Conduktività Termica	210 W/m°C
Coefficiente di Espansione Lineare(20-100°C)	24*10 ⁻⁶ /°C
Calore Latente di Fusione	386.9 J/g
Calore Latente di Evaporazione	9462 J/g
Conduktività Elettrica	62-62.9% IACS (Cu100%)
Modulo di Young	68.3 GPa
Tensile Strength	45 MPa ricotto
Durezza	15 DPN ricotto

Tab. 1 Proprietà Fisiche dell'Alluminio (1)

2.1.1 Le proprietà

Benefici

La proprietà che ha spinto l'industria ciclistica e non solo ad impiegare l'**alluminio** è senza dubbio la **densità**; il valore che fa segnare alla bilancia (**2,7 kg/dm³**) è pari alla **metà** di quello del titanio e addirittura **un terzo** di quello dell'acciaio. Solo magnesio e berillio, tra gli elementi strutturali, fanno segnare pesi inferiori ma la loro penetrazione sul mercato attualmente è pressoché nulla, vuoi per gli alti costi di produzione che per altre caratteristiche intrinseche dei due metalli.

densità

Materiale	d kg/dm ³
Alluminio	2,70
Titanio	4,50

Acciaio 7,80

La bassa densità quindi permette di allestire una **struttura molto leggera** a vantaggio del rendimento su strada in particolar modo in salita, dove la resistenza al peso diventa il nemico numero uno da combattere.

Molti si chiederanno perché nei telai in alluminio, avendo il materiale una **densità** pari alla metà e ad un terzo rispetto a titanio ed acciaio, anche il loro peso non rispecchi la stessa **proporzione**. Ciò è dovuto prevalentemente all'utilizzo di tubazioni di diametro più grande (**oversize**) e quindi più pesanti, per garantire ai telai in alluminio una rigidità maggiore.

Il concetto di **rigidità** del telaio, ci indica quella proprietà meccanica della struttura che non fa **disperdere** la forza impressa sui pedali dal ciclista. Negli ultimi dieci anni, per soddisfare la domanda di **telai rigidi**, gli sforzi delle aziende del settore si sono concentrati sulla ricerca in questo campo e l'alluminio, pur essendo un materiale **elastico** rispetto ad acciaio e titanio, ha invaso il mercato del ciclo. Come si spiega tutto ciò ?

L'alluminio infatti fa registrare il più basso **modulo elastico**, con un valore pari ad un terzo di quello dell'acciaio e di due terzi rispetto a quello del titanio.

modulo d'elasticità	
Materiale	E - N/mm2
Acciaio	210.000
Titanio	105.000
Alluminio	70.000

Perché allora si parla di telai in alluminio rigidi ? Per capire il concetto che sta alla base di queste affermazioni pensiamo a due sbarre cilindriche in alluminio lunghe 1 metro: una del diametro di 5 cm e l'altra del diametro di 1 cm; potremmo saggiare la **rigidità** delle due sbarre prendendole per gli estremi e cercando di piegarle.

La sbarra da 5 cm ovviamente risulterà quella più rigida. Infatti la rigidità aumenta proporzionalmente con la **terza potenza** della variazione di diametro della sezione della tubazione. Infatti se raddoppio il diametro la rigidità incrementa di 8 volte (2³), se triplico il diametro la rigidità incrementa di 27 volte (3³)!! La nota stonata è che la variazione di peso è funzione quadratica della variazione di diametro, ovvero aumentando il diametro il peso aumenta al quadrato della variazione di diametro. Quindi se raddoppio il diametro il peso aumenta di 4 volte (2²), se lo triplico di 9 volte (3²). Da qui si capisce come una struttura in alluminio con **tubazioni maggiorate** (*oversize*) risulti più rigida di una allestita in acciaio e, grazie alla sua densità ridotta, mantenga contenuto il suo peso.

L' alluminio **non soffre il problema della ruggine** e neanche dell'indebolimento tipico delle zone interessate dalla saldatura. O meglio, **la saldatura indebolisce comunque il telaio, ma è possibile ritornare praticamente ai valori di resistenza originali con opportuni trattamenti**, che, purtroppo, non possono essere effettuati per l'acciaio.

Note "dolenti"

Una tubazione in **alluminio** top di gamma non supera carichi unitari di rottura superiori a **480 N/mm²**, circa la metà di un buon acciaio ed un terzo delle migliori leghe di acciaio sul mercato. Le prestazioni diminuiscono quando si utilizzano tubazioni di bassa lega con valori che scendono sotto i **350 N/mm²**; le aziende ovviano alla povertà di questa proprietà meccanica agendo sulla distribuzione degli spessori della tubazione, **togliendo** materiale dalle zone meno sollecitate e **rinforzando** gli spessori nei punti sottoposti ad un maggior lavoro. L'esperienza di case produttrici che lavorano l'alluminio da molti anni, comunque rassicurano il consumatore sulla bontà delle realizzazioni ottenute con le tecnologie moderne, tanto da indurre a praticare una vendita al pubblico con **garanzia a vita** (!) sul telaio in alluminio.

resistenza alle rotture

Materiale	Rm - N/mm ²
Tubazioni in Lega d'Acciaio	1200 - 1500
Tubazioni in Lega di Titanio	800 - 900
Tubazioni in Lega d'Alluminio	400 - 470

Mentre l'acciaio e il titanio "non conoscono la fatica" o meglio possiedono un **limite di fatica** l'alluminio è un materiale che purtroppo si "stanca facilmente". Basta infatti un carico anche **minimo** per far "invecchiare" la struttura cristallina dell'alluminio, non esiste come nell'acciaio e nel titanio un'**intensità di carico limite**, sotto la quale possiamo applicare un numero infinito di sollecitazioni senza provocare fratture da fatica. Quindi il solo fatto di salire in bici e pedalare implica un "**consumo**" del telaio; di ciò va tenuto di conto in particolar modo se si è deciso di optare per un telaio usato in alluminio. Conoscere il chilometraggio di un mezzo in alluminio può essere importante per evitare indesiderabili rotture, quindi il consiglio, in caso di acquisto di un **telaio usato**, è quello di indagare sulle abitudini ciclistiche del **possessore precedente**.

limite di fatica

Materiale	
Titanio	sì
Acciaio	sì
Alluminio	no

Infine analizziamo la **duttilità** ovvero capacità di deformazione senza giungere alla rottura. L'alluminio in questo campo fornisce risultati tutt'altro che esaltanti. Basti pensare che la letteratura giudica l'8% di allungamento come soglia critica a rischio rottura e l'alluminio fa segnare valori a cavallo di questo limite variabili tra 6 e 12%.

duttilità

Materiale	Allung. % (Ap 5)
Titanio	20 - 30
Acciaio	10 - 15
Alluminio	6 - 12

Il prezzo di un telaio di alluminio è leggermente più **elevato** di uno in acciaio sia per il costo intrinseco del materiale stesso, sia per la dispendiosa operazione di saldatura, meno economica di una per l'acciaio. Un telaio di medio-basso livello da **g 1200-1300** in alluminio viene a costare 800.000/1.000.000 lire, mentre per regalarsi un prodotto di alta qualità dal peso inferiore al kg occorrono oltre **2 milioni di lire**.

Considerazioni conclusive

Tracciando un profilo delle proprietà meccaniche delle leghe di alluminio, non possiamo non rimanere un po' perplessi di fronte al gran rumore che spesso viene fatto a proposito delle loro qualità. La **grande offerta** di telai in alluminio che propone il mercato è quindi da attribuire alla moda del momento ed alla "leggenda metropolitana" creatasi attorno alle proprietà "miracolose" di questo metallo. Ciò non significa comunque che l'alluminio non sia una buona scelta ma che la scelta debba essere ponderata a seconda di che cosa chiediamo al nostro telaio.

Il regno incontrastato dell'alluminio, è quello delle biammortizzate, in cui la rigidità del telaio, permette agli elementi elastici anteriori e posteriori di lavorare al meglio; in più, la struttura è soggetta a minor sforzo meccanico.

Leggerezza e rigidità sono due qualità importanti in un telaio, ma non le uniche. Un buon "assemblatore" di bici riesce a far risparmiare al patito della leggerezza quei **200-400 g** di differenza, agendo su componenti non fondamentali, ad esempio utilizzando raggi "sfinati", pedali ultraleggeri, camere d'aria in lattice, portaborraccia in lega, pedivelle "alleggerite" in fondo il telaio rappresenta solo un quinto del peso totale della bici !

Cosa offre il mercato

serie	caratteristiche
COLUMBUS	
n.d.	zonal alluminio 7005 1.400 g Rm=420 N/mm2 Ap5=12%

n.d.	aluthron alluminio 7005 1.450 g Rm=420 N/mm2 Ap5=9%
n.d.	altec alumag 1.300 g Rm=420 N/mm2 Ap5=9%
n.d.	altec 2 plus alluminio 7005 1.200 g Rm=420 N/mm2 Ap5=10%
	starship alluminio classe 6000 SHP 950 g Rs=430 N/mm2 Ap5=12%
DEDACCIAI	
	U2 lega di alluminio (composizione segreta) 950 g Rm=620 N/mm2 Ap5=7%
n.d.	V107 lega di alluminio 7000 1.100 g Rm=450 N/mm2 Ap5=13%
	SC61.10A lega di alluminio SC61.10A/T6 1.200 g Rm=470 N/mm2 Ap5=12%
	7003 lega di alluminio 7003/T6 1.300 g Rm=450 N/mm2 Ap5=n.d.

	ENERGY lega di alluminio 7005/T6 1.400 g Rm=400 N/mm2 Ap5=n.d.
	BASIC lega di alluminio 7005/T6 1.500 g Rm=400 N/mm2 Ap5=n.d.

2.1.2 Leghe di alluminio

Come la totalità dei metalli anche l'alluminio non è utilizzato allo stato puro ma legato ad altri componenti a formare leghe. Infatti le sue proprietà meccaniche sono modeste e allora si introducono elementi alliganti quali rame, magnesio, manganese, silicio, zinco che da soli o combinati tra loro migliorano le caratteristiche resistenziali:

il **silicio**: migliora la colabilità e riduce il coefficiente di dilatazione;

il **magnesio**: aumenta la resistenza alla corrosione in ambiente alcalino e in mare;

il **manganese**: aumenta la resistenza meccanica e alla corrosione;

il **rame**: accresce la resistenza meccanica, soprattutto a caldo;

lo **zinco**: soprattutto se associato al magnesio, conferisce una elevata resistenza meccanica

Altri elementi quali cromo (resistenza a corrosione), zirconio, vanadio sono usati come correttivi (affinazione grano, bloccaggio di impurità...); nichel, titanio e zirconio (p. meccaniche), bismuto, piombo, cadmio e stagno, silicio per scopi particolari. **Il ferro, è sempre presente come impurezza.**

Nomenclatura

Queste leghe sono numerose e per indicarle si adottano diversi sistemi. Il più utilizzato in campo ciclistico è quello detto **ASTM**, organismo americano che si occupa delle prove sui materiali; ogni lega è caratterizzata da un codice di 4 numeri seguiti da una lettera (H o T) più un numero, ad esempio 7020-T6.

Il **primo numero** indica il principale componente legante della lega:

- 1) nessun legante
- 2) rame
- 3) manganese
- 4) silicio
- 5) magnesio
- 6) magnesio + silicio
- 7) zinco
- 8)Altri elementi...

Il **secondo numero** indica se è presente anche un secondo legante (in percentuale minore); 0 per indicare assenza di un secondo legante.

Le **ultime due cifre** servono ad identificare le diverse leghe a base dello stesso legante

La **lettera** indica il trattamento subito o non dalla lega:

F grezzo di fabbricazione

O ricotto

H incrudito (deformazione plastica a freddo)

W solubilizzato

T trattamento termico per ottenere stato stabile diverso da F, O, H

Il **numero che segue** indica la natura del trattamento termico.

Nel caso di un tubo identificato come 7020 **T6** siamo di fronte ad una lega a base di zinco senza altro legante e classificata al numero 20 nel catalogo ASTM e sottoposto a trattamento termico di tempra e rinvenimento (gettonatissimo in questo ambito!). Quanto ai trattamenti termici, consigliamo di visitarne l' riportiamo un approfondimento:

Principali sistemi alliganti utilizzati nella realizzazione dei telai:

La classe **2000 è utilizzata per telai più economici**, mentre le altre rappresentano praticamente l'intero panorama della telaistica in alluminio attualmente sul mercato. Ovviamente il modulo elastico resta lo stesso dell' alluminio puro, dipendendo infatti solamente dal tipo di cella atomica e vale **E=70 (Gpa)**.

Alluminio - rame (2xxx). Il rame è un elemento in lega molto importante per l'alluminio, vista la sua apprezzabile solubilità ed il suo effetto rinforzante. Il rame costituisce il principale elemento in lega, in concentrazioni variabili dall'1 al 6% in peso. Le **leghe binarie Al-Cu non sono molto usate commercialmente**: si aggiungono Mg, Cr, Si, Ti per realizzare, a seconda delle loro percentuali, diversi tipi di intermetallici:

CuAl₂

CuMgAl₂

MgSi₂

Cu₂Mg₈Si₅Al₄

Si capisce allora l' **importanza del Mg** come elemento fondamentale nella loro realizzazione. Mn e Zn sono da considerarsi impurezze apportate dall' alluminio stesso. In particolare il Fe deteriora le proprietà meccaniche sequestrando rame per la realizzazione di un intermetallico per cui si raccomanda %Fe < 0,5%.

Esse vengono usate spesso per applicazioni strutturali sugli aerei e in generale dove occorrono buone caratteristiche meccaniche e leggerezza.

Proprietà meccaniche: 6%<x<20% e 400(MPa)<s<500(MPa)

Alluminio - magnesio (5xxx).

Esempio utilizzo in campo ciclistico: leghe 5052/5086.

Contengono magnesio (0,5 - 5,5 %) oltre che Si (0,2%) e Fe (0,5-0,7 %) come impurezza. **Le p. meccaniche dipendono fortemente da incrudimento ed eventuale ricottura.**

Se Mg>3,4% precipita Mg₅Al₈ a bg con **problemi di SCC e corrosione inter- granulare**. Per limitare il problema, si ricorre al Cr.

Queste leghe addolciscono a T ambiente dopo incrudimento per deformazione, per cui occorre **stabilizzarle** con TT a 120-150 °C anche se ciò determina una certa perdita di proprietà meccaniche.

Alluminio - magnesio - silicio (6xxx).

Esempio utilizzo in campo ciclistico: leghe 6061/6082.

Questo sistema costituisce la classe principale di leghe per i pezzi lavorati a caldo e per quelli ricavati da fusione. Esse riescono a combinare alcune caratteristiche favorevoli: **resistenze meccaniche medie, autotemperanti** (per spessori ridotti), **buona saldabilità, resistenza alla corrosione e insensibili a problemi di SCC (Stress corrosion cracking)**. L'indurimento avviene soprattutto per precipitazione del composto **Mg₂Si**. Si suddividono in due categorie:

Leghe **quasi binarie (es: 6063) con Mg/Si=1,73** e in quantità comprese tra lo 0,8 e l' 1,2%. Sono particolarmente adatte per **estrusione ed impieghi decorativi**, adattandosi bene a processi di elettrocolorazione (meglio allora se presentano %Si inferiori).

Leghe con aggiunta di **Cu** (migliora p meccaniche ma peggiora resistenza a corrosione) e **Cr** (contro corrosione) e **maggiori quantità di Si** per la formazione di Mg₃Si. Rientrano in questa categoria la 6061 (in cui compare Al₂Cu e l' effetto indurente del Si libero), la 6151 e la 6351. Per aumentare la lavorabilità si ricorre a Pb e Bi (6262).

Proprietà meccaniche: 6%<x<20% e 400(MPa)<s<500(MPa)

Alluminio - zinco (7xxx).

Esempio utilizzo in campo ciclistico: leghe 7003/7005/7020.

Generalmente le leghe binarie Al-Zn non vengono usate, ma vengono preferite leghe Al-Zn-Mg che, trattate termicamente, hanno **la più elevata resistenza a trazione** di tutte le leghe di alluminio.

Soffrono SCC a causa dell'instaurarsi di **microcoppie galvaniche**, problema che si può minimizzare per $2,7 < \text{Zn/Mg} < 2,9$ e realizzando due invecchiamenti, a 120 (2-3 ore) ed a 170°C (6-8 ore) che però riducono le p meccaniche. **Facilmente saldabili** se $(\text{Mg} + \text{Zn}) < 6\%$, richiedono però TT per recuperare le proprietà meccaniche.

Lo zinco aumenta la resistenza e la durezza, oltre a favorire l'**autotemperabilità della lega che può causare problemi di stress residui**. Occorre scegliere opportunamente allora la T di solubilizzazione. Si è portati a sostituire Cr e Mn che sequestrano Mg e Cu con Zr (0,1-0,25%) che si lega solo con Al (precipitato binario).

Quanto alla 7005 e 7020 c'è da sottolineare che **l'invecchiamento non va fatto immediatamente dopo la solubilizzazione** (a 470 °C) e la tempra e ciò permette di gestire il magazzino in modo più elastico.

Proprietà meccaniche: $x = 12\%$ e $400 < s < 700$ (MPa)

TT

In generale leghe della serie 2000 - 4000 - 6000 - 7000 (in particolare queste ultime) permettono buone prestazioni meccaniche solo dopo trattamenti termici, mentre le leghe della serie 1000 - 3000 - 5000 sono in grado di dare buone prestazioni anche solo mediante deformazioni plastiche.

Per le prime (che presentano % elementi in lega $< 8\%$ e in generale $= 6\%$) descriviamo i TT più utilizzati, T4 e T6:

1. **Solubilizzazione** : si porta la lega a temperature in grado di portare in soluzione tutti gli alliganti .Cioè 556°C e 470 °C rispettivamente per le 6000 e per le 7000.
2. **Rapido raffreddamento** :tempra (in H₂O) o annealing (in aria) a seconda della lega e dello spessore del pezzo che viene portato immediatamente dalle temperature di solubilizzazione a temperatura ambiente con lo scopo di congelarne la microstruttura.
3. Eventuale **invecchiamento** (a seconda della lega):precipitano gli intermetallici. Il fenomeno può avvenire a temperatura ambiente ed è il caso di T4, e allora si parla di invecchiamento naturale oppure può essere stimolato a temperature maggiori, e allora si parla di T6. La differenza consiste nel numero di siti di nucleazione dei precipitati, molto maggiore nel secondo caso, che ne garantisce pertanto una più fine ed omogenea distribuzione.

Tra la fase 2 e la 3 compaiono eventuali trattamenti meccanici.

2.2 Titanio

Il Titanio è stato scoperto nel 1790 da William Gregor ma è stato prodotto commercialmente solo a partire dagli anni '50. Negli anni '60 ha trovato applicazioni in campo aerospaziale.

In campo ciclistico ha fatto comparsa negli anni '70 ma non ha mai conosciuto un periodo di vero splendore, pur avendo proprietà meccaniche di tutto rispetto. Quali sono i motivi di questo mancato successo. Primo fra tutti: il **prezzo "salato"**.

Premettiamo innanzitutto che, a differenza di quanto si possa credere, il titanio non è poi così **raro** da trovare; risulta infatti il **quarto** materiale più abbondante nella crosta terrestre.

Perché allora quando si parla di titanio, sia per un qualsiasi componente ciclistico che per un orologio o un paio di occhiali, il **prezzo sale** alle stelle ?

Il motivo risiede nella complessa e **costosa** operazione di estrazione-produzione che il titanio richiede prima di diventare un materiale lavorabile. Un'operazione che quindi determina il prezzo di mercato del titanio e lo rende **poco competitivo** a confronto di acciaio e alluminio.

In natura infatti il titanio si trova allo stato puro sottoforma di **biossido** ed è chiamato "rutile". Al biossido vengono tolte le **impurità** mediante un processo elettrolitico e quindi, attraverso un procedimento sottovuoto, estratti ossigeno e idrogeno; si forma a questo punto la cosiddetta "**spugna**" di titanio che, attraverso un ulteriore processo di fusione e sottoposta a forte pressione, viene trasformata in **titanio grezzo** in forme di lingotti e billette, pronto ad essere trasformato tramite estrusione, forgiatura e laminazione in semilavorati quali tubi, laminati, barre ...

Costi Toolings - il titanio richiede apparecchiature ed attrezzi molto costosi per essere lavorato nonché una atmosfera libera da ossigeno durante i trattamenti termici a cui è sottoposto.

Costi di lavorazione: il titanio è particolarmente sensibile al cold - working per cui deve continuamente essere sottoposto ad annealing durante la sua lavorazione.

2.2.1 Le proprietà

Benefici

La **densità** strutturale del titanio, con **4,50 kg/dm³**, si colloca a metà tra quella dell'alluminio e quella dell'acciaio e consente ai costruttori di allestire un telaio sicuramente più leggero dell'acciaio ed in competizione con uno di alluminio viste le dimensioni maggiorate di quest'ultimo che ne fanno aumentare il peso.

densità

Materiale	d kg/dm³
Alluminio	2,70
Titanio	4,50
Acciaio	7,80

Innanzitutto la buona resistenza a trazione tranquillizza l'acquirente su eventuali possibilità di rotture della struttura ed anche se i valori non raggiungono quelli dell'acciaio possono essere considerati più che sufficienti.

resistenza alle rotture

Materiale	Rm - N/mm²
Tubazioni in Lega d'Acciaio	1200 - 1500
Tubazioni in Lega di Titanio	800 - 900

Al valore di resistenza alle rotture da trazione si aggiunge anche l'ottima resistenza a fatica. Come l'acciaio anche il titanio possiede un **limite di fatica** cioè una soglia di carico sotto la quale la struttura del materiale non "invecchia"; questo significa che solo i **carichi più pesanti** contribuiscono ad indebolire con l'uso una struttura in titanio. Questa proprietà garantisce il consumatore nel tempo e stimola il mercato dell'**usato**. Sicuramente in teoria si rivelerà un affare migliore l'acquisto di un **mezzo di seconda mano** in titanio piuttosto che uno in alluminio.

limite di fatica

Materiale	
Titanio	sì
Acciaio	sì
Alluminio	no

Elevata duttilità, per cui un telaio non si rompe mai improvvisamente, ma prima di farlo mostra evidenti segni di deterioramento.

allungamento a rottura

Materiale	x%
Titanio	30
Acciaio	8-13
Alluminio	6-12

Aggiungiamo a queste proprietà meccaniche anche quella chimica di essere praticamente **immune dagli effetti degli agenti atmosferici**, quindi niente ruggine né ossidazione; per questo la stragrande maggioranza di telai in titanio viene lasciata con il colore grezzo del materiale senza verniciature.

Note "dolenti"

La **rigidità** del titanio è sufficiente, ma comunque nettamente inferiore a quella dell'acciaio e leggermente migliore di quella dell'alluminio. In particolare se analizziamo il **rapporto peso/rigidità** il titanio risulta inferiore sia all'acciaio che all'alluminio. Questo è forse il difetto maggiore del titanio: il fatto di non avere una **rigidità** intrinseca del materiale non permette di allestire strutture particolarmente **rigide** ed la densità, non paragonabile a quella dell'alluminio, non consente di aumentare il diametro più di tanto come succede nell'alluminio per ottenere un struttura più rigida.

modulo d'elasticità

Materiale	E - N/mm ²
Acciaio	210.000
Titanio	105.000
Alluminio	70.000

Un telaio però non deve essere ad ogni costo rigido per soddisfare le esigenze dei ciclisti, sicuramente c'è chi lo preferisce con questa caratteristica che dona al mezzo **prontezza allo scatto e minima dispersione della forza** impressa sui pedali, c'è però anche chi cerca in una bici la **comodità** e senz'altro il titanio rappresenta un'ottimo compromesso se pensiamo anche al suo peso contenuto.

- Un telaio in titanio viene purtroppo a costare quasi il **doppio** di una struttura in acciaio o alluminio e per giustificare una spesa maggiore per il consumatore occorre che i vantaggi siano evidenti. Cioè per un telaio si sborsano almeno **3/4 milioni** per i più economici, mentre per i più costosi si sfiorano i **10 milioni !!**
- Esiste inoltre un altro problema legato alla costruzione di un mezzo in titanio ed è rappresentato dalla difficoltà di **lavorazione nonchè di saldatura**. La saldatura del titanio è un'operazione complessa che richiede una notevole esperienza; il prezzo da pagare per una saldatura non eseguita correttamente è alto: il telaio perde le sue caratteristiche ed è praticamente da buttare. **In compenso la perdita di resistenza nelle zone riscaldate dalla saldatura è molto minore che nell'acciaio**. Quindi, per evitare brutte sorprese, è bene affidarsi ad una ditta costruttrice di grande esperienza. Molte sono specializzate solo ed esclusivamente nella lavorazione del titanio e il loro nome è strettamente legato all'utilizzo di questo materiale. Tanto per fare qualche nome: **Merlin, Seven e Litespeed** negli Stati Uniti e **Passoni** in Italia.

Considerazioni conclusive

Un telaio in titanio quindi si distingue per una **resa nel tempo** invidiabile accompagnata ad un buon **peso** e un'ottima **comodità** che ne fanno il modello da "granturismo" per eccellenza. Un ottimo investimento per l'acquirente che si garantisce con un prodotto che non "invecchia" mai e che si distingue dalle creazioni comuni in acciaio e alluminio; un telaio che definiremmo elitario un vero gioiello da collezione per passionisti. Sicuramente chi cerca un mezzo aggressivo non sceglierà il titanio e, vista la moda del momento, si possono capire le difficoltà che il mercato ciclistico di questo materiale sta passando.

Probabilmente il titanio rimarrà però confinato in una nicchia e, specialmente nel settore delle mountain-bike, non è escluso che la sua diffusione cali ulteriormente. Infatti le caratteristiche di elasticità per le moderne front e full-suspended sono meno importanti

Cosa offre il mercato

Passoni Seven Merlin Litespeed

clicca sul logo per accedere ai siti

2.2.2 Leghe di titanio

Sappiamo che il Titanio è presente in forma stabile come a (hcp) e b (cc) per temperature rispettivamente inferiori e superiori ad 882°C. Anche per il titanio, come accade per l'acciaio e l'alluminio, si utilizzano leghe mirate al miglioramento delle proprietà meccaniche e fisiche del materiale.

Gli elementi che le compongono si distinguono essenzialmente in due gruppi:

a stabilizzanti: Al, Zr, Sn. Si parla di %Al equivalente.

b stabilizzanti : Mo, Ta, Nb, W. Si parla di %Mo equivalente.

La situazione si può semplificare dicendo che **Al, Zr, Sn sono gli unici a stabilizzare a, gli altri stabilizzano b**. I diagrammi di stato vengono stravolti!

Le leghe si suddividono a seconda della percentuale di alliganti ed alla loro tipologia in:

1) Titanio commerciale puro (o CP).

E' il raggruppamento che contiene le leghe a maggiore percentuale di titanio, che risulta addizionato a piccole quantità di elementi interstiziali, principalmente ossigeno. Caratterizzato da elevata resistenza a corrosione, il titanio CP possiede caratteristiche meccaniche di valore medio-basso.

2) leghe alfa.

Presentano buona saldabilità e il mantenimento delle caratteristiche meccaniche anche a temperature elevate di esercizio, grazie al contenuto generalmente alto di alluminio; non consentono tuttavia alcun trattamento termico, cosa che ne limita l'impiego nei componenti particolarmente sollecitati.

3) leghe alfa-beta.

E' il gruppo in cui rientrano le **leghe di maggior utilizzo ciclistico**, come la notissima **3Al-2.5V**, **utilizzata in tubi trafilati dalla quasi totalità dei telaisti**, o la più pregiata 6Al-4V scoperta negli anni '50 e subito utilizzata in talune parti di motori e telai di aerei:

Ti-6al4v

ottima resistenza a trazione - ottimo rapporto resistenza/peso - buona resistenza a fatica - costoso - allungamento sufficiente - scarsa duttilità - modulo d'elasticità sufficiente **Ti-3al2,5v**

ottima resistenza a fatica - ottimo rapporto resistenza a fatica/peso - buona resistenza a trazione - meno costoso del Ti-6al4v - ottimo allungamento - buon modulo d'elasticità. E' in genere considerata la migliore per un utilizzo di tipo ciclistico, grazie alle sue qualità migliori di rigidità, di allungamento lavorabilità ed ... economicità.

Queste leghe sono caratterizzate da elevate prestazioni meccaniche, suscettibili di un successivo innalzamento mediante processo di trattamento termico del tipo:

Solution treatment a temperature prossime a b transus: così facendo, come é facile desumere dalla regola della leva, applicata nell' intervallo a-b, **augmenta la percentuale di b(garantisce p meccaniche) per T crescenti**. In ogni caso si resta un po' sotto per avere primaria per garantire duttilità.

Rapid quenching (WQ oppure AC). A seconda della temperatura di annealing e della percentuale in lega e tipologia degli alliganti, si otterranno risultati molto diversi. **Prendiamo come riferimento la 6Al4V.** b transus in questo caso vale 980°C. Come prima considerazione osserviamo come vari la solubilità di Al e V nelle strutture a (hcp) e b (fcc). Scendendo verso gli 800°C aumenta la solubilità di V in b (fcc) mentre sotto gli 800°C il 6% di Al non ci sta in a (hcp), ovvero la fase b (fcc) diventa sempre più ricca di elementi in lega col risultato che:

a''+britenuta per $T > 980^\circ\text{C}$. Infatti $M_f < 25^\circ\text{C}$ in quanto V è fcc e stabilizza b. a'' è martensite hcp.

a primaria+a''+britenuta per $T? < T < 980^\circ\text{C}$

a primaria+a''+britenuta+a' per $950^\circ\text{C} < T < T?^\circ\text{C}$. a' è martensite fcc.

a primaria+a' per $900^\circ\text{C} < T < 950^\circ\text{C}$

a primaria+a'+britenuta per $840^\circ\text{C} < T < 900^\circ\text{C}$.

a primaria+britenuta per $T < 840^\circ\text{C}$. Come si vede non compaiono più strutture martensitiche in quanto per temperature decrescenti abbiamo detto che b aumenta la sua concentrazione di V per cui M_s e M_f calano ulteriormente fino a che per $T < 840^\circ\text{C}$ si ha $M_s < 25^\circ\text{C}$.

Il massimo della durezza si ottiene temprando sopra b transus (980°C) però si preferisce guadagnare in tenacità e allora generalmente si tempera da 900-950°C evitando b perché troppo dura. Tra l' altro la b compare a bordo grano (bg) ed essendo molto dura se forma un network continuo allora le cricche di fatica corrono velocemente a bg.

Rinvenimento martensiti.

Sappiamo che per quanto riguarda i metalli ferrosi la martensite è la struttura a maggiore resistenza. Ciò non è vero per i non ferrosi perché i meccanismi di indurimento sono diversi. **La deformazione del reticolo non fornisce le migliori proprietà meccaniche, ottenute per successiva precipitazione.** Le martensiti che si ricavano dalla tempra sono di diverso tipo, noi ci limiteremo ad esporre solo la a'' e la a' cioè le più frequenti.

a' martensite

b isomorphous alloys (no eutettoide): $a' \approx a+b$

b eutectoid alloys:

$a' \approx a + \text{compound}$ se la reazione eutettoidica è veloce (es: Ti-Cu)

$a' \approx a + b \approx a + \text{compound}$ se la reazione eutettoidica è veloce (es: Ti-Mn)

a'' martensite

Leghe ad alta M_s : $a'' \approx a'' + a'' + a + (a+b) \approx a+b$

a'' si decompone in a finemente dispersa nella matrice a'' . Successivo invecchiamento accresce tali particelle che in seguito ad una crescita cellulare sviluppano struttura lamellare $a+b$

Leghe a bassa M_s : $a'' \approx b \approx \text{prodotti}$

$M_s = T_{amb}$: a'' si trasforma in b che poi è fatto decomporre a varie T con diversi meccanismi e modalità a seconda degli alliganti.

In ogni caso si utilizzano leghe ad alto tenore di alliganti altrimenti c' è il rischio che la b durante l'invecchiamento ritenuta generi **w**, **una fase fragile** su scala macroscopica.

La formazione di a in forma di grossi piatti aciculari favorisce la ramificazione delle cricche: ecco perché **a aumenta la resistenza all' impatto.**

Riportiamo a pagina seguente per completezza un esempio di TT: da notare che si possono realizzare **uno o due TT a seconda della lega e del suo utilizzo.**

4) leghe beta.

Sono le leghe che presentano le proprietà meccaniche più elevate. Generalmente non saldabili o a saldabilità molto limitata, vengono usate per la costruzione, di bulloni, molle e parti fortemente sollecitate.

Possiamo in **generale** dire che una fase **a promuove buona creep strength** aumentando la resistenza a deformazione, e ciò costituisce un problema per la lavorazione. Inoltre la struttura esagonale presenta **limitate capacità di deformazione** e comunque fornisce duttilità estremamente **dipendente dall' orientazione**. Garantisce buona saldabilità.

La fase **b invece riduce la resistenza a deformazione ad alte T**, ma tutte le proprietà meccaniche di una lega che contiene **b dipendono così fortemente dal TT** che non è possibile trarre ulteriori conclusioni.

Acciaio - Le proprietà

Benefici

1. Una proprietà meccanica esaltata dagli acciai è il **modulo di elasticità** (modulo di Young) ovvero la resistenza alla deformazione elastica, che tocca i **210.000 N/mm²** (30.000.000 psi circa) nelle migliori leghe di acciaio; ricordiamo che a valori maggiori corrisponde maggiore rigidità del materiale. Il valore dell'acciaio è circa il doppio di quello del titanio (**105.000 N/mm²**) e addirittura il triplo del modulo Young dell'alluminio (**70.000 N/mm²**). In teoria una struttura in acciaio dovrebbe essere molto più rigida di una in alluminio, tuttavia l'introduzione delle tubazioni "oversize" (sovradimensionate) in alluminio, ha annullato questo vantaggio dell'**acciaio** e i telai più rigidi in commercio attualmente sono di norma in alluminio.

modulo d'elasticità

Materiale	E - N/mm ²
Acciaio	210.000
Titanio	105.000
Alluminio	70.000

1. L'acciaio però ha come punto di forza rispetto all'alluminio il pregio di possedere una migliore **resistenza a fatica**, che si traduce in una garanzia per l'acquirente che si ritroverà con un telaio che "invecchia" molto più lentamente. L'**utilizzo** quindi non rappresenta per l'acciaio un "fattore di alto rischio" così come lo è per l'alluminio che, con le continue sollecitazioni che derivano dall'uso, perde più rapidamente le sue caratteristiche di resistenza alle rotture. L'acciaio inoltre presenta un **limite di fatica**, cioè un carico che può essere applicato un numero infinito di volte senza provocare rotture. Quindi modeste sollecitazioni **non affaticano** l'acciaio, mentre l'alluminio "soffre" anche un carico minimo.

limite di fatica

Materiale	
Titanio	sì
Acciaio	sì
Alluminio	no

1. Un acciaio **CrMo** presenta carichi unitari di rottura pari a circa **900-1100 N/mm²**, mentre le migliori leghe di acciaio sottoposte a trattamenti termici raggiungono i **1500 N/mm²** questi valori sono **tripli** rispetto a quelli di un'ottima lega di alluminio; il prezzo da pagare per queste prestazioni è in termini di peso: un telaio costruito con un ottimo acciaio difficilmente scende sotto **1,3 kg**. Sicuramente però cavalcare una bici in acciaio ci fa sentire un po' più sicuri riguardo all'affidabilità e alla robustezza della struttura.

resistenza alle rotture

Materiale	Rm - N/mm2
Tubazioni in Lega d'Acciaio	1200 - 1500
Tubazioni in Lega di Titanio	800 - 900
Tubazioni in Lega d'Alluminio	400 - 470

1. La capacità di allungamento senza rottura è sintomo di **duttilità** e l'acciaio si rivela mediamente performante, comunque al di sopra della soglia critica dell'8%. Gli acciai mediamente mostrano allungamenti plastici dell'ordine del 10-15%; peggiori di quelli del titanio, ma migliori di quelli dell'alluminio.

duttilità

Materiale	Allung. % (Ap 5)
Titanio	20 - 30
Acciaio	10 - 15
Alluminio	6 - 12

Note "dolenti"

1. La **densità** (o impropriamente peso specifico) non è sicuramente la caratteristica migliore dell'acciaio; è considerato infatti un metallo *semipesante*, basti pensare che rispetto all'**alluminio**, metallo *leggero*, (2,7 kg/dm³) la densità dell'**acciaio** (7,8 kg/dm³) è quasi tre volte maggiore, mentre in confronto al **titanio**, materiale *semileggero* (4,5 kg/dm³) l'acciaio pesa poco meno del doppio. Il mercato attuale offre mezzi in acciaio con pesi variabili (senza forcina) da **1.300 a 2.000 g**.

densità

Materiale	d kg/dm3
Alluminio	2,70
Titanio	4,50
Acciaio	7,80

1. Fra i punti deboli, troviamo invece la **possibilità di ruggine, spesso insidiosa perché attacca l'interno dei tubi**. E' buona norma, quindi, in caso di fango, guadi, pioggia e condizioni climatiche avverse, favorire una completa asciugatura dell'interno dei tubi, ad esempio togliendo il canotto reggisella e mantenendo la bici in un locale aerato e secco.
2. L'acciaio può essere **facilmente saldato anche se, purtroppo, la zona di saldatura, cioè quella soggetta al riscaldamento, perde parte delle sue proprietà meccaniche**; il telaio quindi, come detto sopra, ha come punti critici tutte le giunzioni saldate. I telai di fascia alta sono quasi sempre realizzati con saldatura di tipo TIG.

Considerazioni conclusive

Si tratta di un **materiale resistente, elastico, dotato di prezzo competitivo**, molto ben conosciuto e tipicamente italiano grazie all'abbondanza di artigiani che lo lavorano e a produttori di tubi di fama mondiale come **Columbus o Dedacciai. Detiene il monopolio nella realizzazione di telai per bici multi-ruolo**, da passeggio e da città tramite l'utilizzo di leghe non sofisticate e con prezzo contenuto. E' poi utilizzato, con leghe raffinate e molto specializzate, quale l'acciaio Nivacrom, nella **maggior parte dei telai delle bici da corsa e in buona parte dei telai da mountain-bike**.

Una osservazione importante : la **rigidità** è ottima tuttavia, non potendo ridurre più di tanto lo spessore della tubazione, **non è possibile allestire una struttura allo stesso tempo "oversize" e leggera** come per l'alluminio. Il telaio in acciaio non sarà quindi un "mostro" di aggressività e, essendo più elastico causerebbe una piccola dispersione di energia.

I prezzi di vendita di un telaio in acciaio sono in genere i più bassi sul mercato rispetto agli altri materiali. Negli ultimi anni però la **ricerca tecnologica** sull'acciaio ha fatto passi da gigante per contrastare il dominio dell'alluminio e la crescita di titanio e compositi; i risultati si sono visti: oggi si possono trovare telai in acciaio da 1.350 g e allo stesso tempo resistentissimi, ma la **qualità si paga** e difficilmente una struttura costruita con tubazioni di altissima gamma in acciaio scende sotto i 2 milioni di lire.

Cosa offre il mercato

serie	caratteristiche
COLUMBUS	
n.d	gara 25CrMo4 2.000 g Rs=800 N/mm2 Ap5=12%
	thron 25CrMo4 1.800 g Rs=800 N/mm2 Ap5=12%

	nemo Nivacrom® 1.600 g Rs=1200 N/mm2 Ap5=12%
	zona Nivacrom® 1.700 g Rs=1000 N/mm2 Ap5=10%
	foco Thermacrom® 1.500 g Rs=1450/1250 N/mm2 Ap5=12%
n.d	ultrafoco Thermacrom® 1.350 g Rs=1450/1250 N/mm2 Ap5=12%
DEDACCIAI	
	COM 12.5 18MCDV6/25CRMO4 1.800 g Rs=1250/950 N/mm2 Ap5=12%
	SAT 14.5 18MCDV6 HT 1.500 g Rs=1450 N/mm2 Ap5=n.d.
	EOM 16.5 HSLA - SUPERFICIE K.E.T. 1.350 g Rs=1.550 N/mm2 Ap5=9%

2.3.1 Acciai per il ciclismo

L'acciaio è il materiale più diffuso ed utilizzato per costruire telai, grazie all'ottimo rapporto qualità prezzo. Fino a non molti anni fa, era l'unico materiale utilizzato nella costruzione di telai per biciclette, naturalmente pesantissimi e completamente diversi dai telai costruiti in **acciai speciali** che troviamo adesso in circolazione. Il ferro costituisce il **95% circa**.

Ci sono **acciai al manganese, al cromo, al cromo-molibdeno, al cromo-molibdeno-vanadio, al manganese-cromo-molibdeno-vanadio-niobio**.

Che effetto hanno queste sostanze nella lega speciale?

Il **manganese** è sempre presente e conferisce durezza e tenacità all'acciaio rendendolo più "disponibile" al riscaldamento (per la saldatura) e meno fragile.

Il **cromo** lo rende duro, tenace, discretamente duttile, resistente all'usura, riduce la sensibilità al riscaldamento. Quindi un buon acciaio al cromo previene anche eventuali errori durante la saldatura.

Il **molibdeno** migliora le proprietà meccaniche, aumenta la temprabilità, controlla l'ingrossamento dei grani dell'acciaio (nella struttura molecolare, visibile al microscopio) durante il riscaldamento (saldatura), riduce la fragilità.

Il **vanadio** aumenta la resistenza meccanica a caldo e rallenta l'invecchiamento.

Il **niobio** influisce sulle caratteristiche meccaniche, permette di ottenere acciai con una struttura a "grano fine", più pregiata.

Acciai al carbonio: facilmente saldabili; modeste prestazioni meccaniche per **telai non specialistici**

Caratteristiche meccaniche: Carico di rottura = 395 N/mm² Allungamento = 8%

Acciai al carbonio-manganese: modeste prestazioni per **telai di medio livello** in cui non è esasperata la ricerca della leggerezza

Caratteristiche meccaniche: Carico di rottura = 590 N/mm² Allungamento = 8 - 10%

Acciai basso legati: Cromo e Molibdeno sono gli elementi della lega in grado di migliorare le prestazioni meccaniche; consentono lavorazioni ad alte temperature e migliorano le prestazioni quando temprati dopo le fasi di saldatura. Sono riservati a **telai di alta gamma**, anche ad uso agonistico, grazie alla leggerezza.

Caratteristiche meccaniche: Carico di rottura = 800-900 N/mm² Allungamento = 12%

Acciai legati: numerosi i componenti che costituiscono le leghe, ognuno con un compito preciso. Gli acciai legati - i cosiddetti inossidabili - hanno Cromo e Nichel per migliorare resistenza all'ossidazione a caldo, resistenza alla fatica termica, tenacità. Sono adatti a **telai di alta gamma**.

Acciai microlegati: Vanadio, Nichel, Titanio, Cromo e Molibdeno sono i protagonisti di queste leghe, dalle prestazioni eccezionali, perciò riservati a **telai per uso agonistico**.

Caratteristiche meccaniche: Carico di rottura = 1200 N/mm² Allungamento = 10-12%

Nivacrom: brevetto Columbus, progettato per esaltare le prestazioni degli acciai microlegati con la sapiente dosatura dei componenti. Il Vanadio e il Niobio, in particolare, riducono il decadimento delle prestazioni meccaniche dopo la delicata fase della saldatura. Nivacrom nasce per **telai ad uso agonistico**.

Caratteristiche meccaniche: Carico di rottura = 1200 N/mm² Allungamento = 12%

Cyclex: lega al Cromo Molibdeno con ottime capacità di resistenza al surriscaldamento. Il marchio Cyclex indica in Columbus tubi senza saldatura con caratteristiche meccaniche finali ottenute per solo incrudimento. Utilizzata per **telai ad alte prestazioni**.

Caratteristiche meccaniche: Carico di rottura = 900 N/mm² Allungamento = 12%

Thermacrom: è un acciaio con Manganese, Cromo, Molibdeno e Vanadio. Questi elementi conferiscono al materiale lo spiccato aumento della temprabilità, la riduzione della sensibilità al surriscaldamento - garanzia di strutture a grano fine, più adatte a sopportare la fatica - migliori caratteristiche di resistenza e tenacità e migliori caratteristiche di resistenza alla corrosione e all'usura. Thermacrom nasce per **telai di altissima gamma**, a cui sono richieste prestazioni estreme.

I tubi in **Thermacrom** vengono sottoposti ad un **trattamento termico** particolare che consente di esaltarne le caratteristiche meccaniche

I tubi vengono stivati in appositi contenitori termicamente bilanciati e concepiti per evitare qualsiasi contatto tra gli stessi ed allontanare il rischio di dannose deformazioni durante le fasi di riscaldamento. I pezzi entrano poi in un forno verticale a circolazione forzata di **endogas** (atmosfera a percentuale di CO controllata per evitare fenomeni di decarburazione che diminuirebbero le caratteristiche del materiale) dove sono portati alla temperatura di formazione dell'austenite (soluzione solida del carbonio nel ferro) per un tempo sufficiente all'omogeneizzazione della struttura. Successivamente il contenitore è fatto precipitare in una vasca contenente il fluido di raffreddamento dove i tubi subiscono una brusca riduzione di temperatura ottenendo la struttura martensitica (soluzione supersatura di carbonio nel ferro). A questo punto si ottiene un materiale con caratteristiche meccaniche elevatissime ma ancora inutilizzabile per l'impiego ciclistico. E' solo dopo il processo di distensione, (i cui tempi di permanenza in vasca e temperature sono stati studiati per ottenere il migliore equilibrio tra carico di rottura ed allungamento), che il tubo raggiunge le condizioni ottimali fissate definitivamente dalla saldatura (ad opera del telaista).

1. Micrografia di un acciaio trattato termicamente senza circolazione forzata di Endogas. E' ben visibile la zona decarburata, principale causa dell'indebolimento delle caratteristiche meccaniche del materiale.

2. Micrografia dell'acciaio Thermachrom trattato termicamente a circolazione forzata di Endogas. L'assenza di fenomeni di decarburazione è garanzia di struttura omogenea e di eccellenti caratteristiche meccaniche.

2.4 Consiglio di un atleta

Rigido o comodo?

Quanto più un telaio è rigido, tanto più è scattante e pronto ad assecondare i nostri sforzi. Ogni minima flessione dello stesso, equivale ad un piccolo spreco d'energia durante la pedalata. Allora un telaio molto rigido è meglio?

Dipende, se cerchiamo lo scatto, la guida nervosa e le prestazioni ad ogni costo!

Nel nostro caso (escursionismo, divertimento, cicloturismo), un telaio meno rigido, risulta più riposante ed in definitiva più efficace. Se invece parliamo di biciclette biammortizzate, il discorso cambia: il telaio deve essere rigido! La salvaguardia delle nostre braccia e degli amatissimi deretani, sarà comunque assicurata dalle sospensioni.

Quale materiale?

...Ora provo ad essere più preciso:

a) L'acciaio pregiato, e quello italiano è il più pregiato, rappresenta la bici per eccellenza elastico quanto basta...

rigido quanto basta ... su di una bici in acciaio le sospensioni stanno come una cravatta su di una camicia di jeans.

Per avere un telaio leggero la lega è divenuta sofisticatissima e costosissima, gli spessori ridotti a quello della

carta stagnola per alimenti, un sassolino lanciato con spinta, una stretta con le pinze della barra portabici, un ristagno d'acqua all'interno dei tubi possono creare seri danni.

b) Il carbonio buono ... bello ...leggero ... tutto da scoprire ..., ma una bici incollata non ci piace e poi sembra una canna da pesca e si sa che le canne da pesca vanno ritirate in caso di temporalee... di solito il biker furbo, con bici in carbonio, quando lampeggia coglie l'occasione per chiedere ad un compagno di fargli provare la sua bici in alluminio.

c) L'alluminio,....é rigido a tal punto da non cedere alle sollecitazioni attraverso il meccanismo della flessione

scaricando l'energia all'esterno, ma (attraverso un assorbimento molecolare) incamera e memorizza gli insulti.

Ecco perché un telaio in alluminio é il meno longevo tra i telai per mountain bike é sì rigido come una macchina da corsa ma incamera energia sino a compromettere i legami molecolari. La bici bi-ammortizzata per eccellenza é in alluminio, perché l'ammortizzatore ha (oltre alle ragioni solite) anche quelle di togliere ruvidità nella risposta all'asprezza del terreno salvaguardando (contemporaneamente) la coesione molecolare.

d) Il Titanio non piace agli atleti perché non trasmette tutta prorompente energia che le gambe danno al mezzo (un po' flette ... non come una biammortizzata ... non come l'acciaio ...ma un po' dello sforzo v'è perso nella flessione); non piace ai negozianti perché hanno un margine di guadagno nettamente inferiore (bici molto costosa difficile da venderle e quindi molti soldi messi lì a interessi zero ... per poi ... una volta venduta ... non vedere più biciclette a quel cliente per almeno dieci anni, perché é indistruttibile o quasi).Il mercato si é reso conto che il titanio non paga, non ci sono i margini economici per produrre oggetti simili, in piena epoca dell'usa e getta ... una bici in titanio é fuori luogo.

Fonte:

<http://www.ing.unitn.it/~colombo/telai/word/2%20Panoramica%20materiali%20a%20confronto.doc>

Il testo è di proprietà dei rispettivi autori che ringraziamo per l'opportunità che ci danno di far conoscere gratuitamente i loro testi per finalità illustrative e didattiche. Se siete gli autori del testo e siete interessati a richiedere la rimozione del testo o l'inserimento di altre informazioni inviateci un e-mail dopo le opportune verifiche soddisferemo la vostra richiesta nel più breve tempo possibile.

I riassunti , gli appunti i testi contenuti nel nostro sito sono messi a disposizione gratuitamente con finalità illustrative didattiche, scientifiche, a carattere sociale, civile e culturale a tutti i possibili interessati secondo il concetto del fair use e con l' obiettivo del rispetto della direttiva europea 2001/29/CE e dell' art. 70 della legge 633/1941 sul diritto d'autore

Le informazioni di medicina e salute contenute nel sito sono di natura generale ed a scopo puramente divulgativo e per questo motivo non possono sostituire in alcun caso il consiglio di un medico (ovvero un soggetto abilitato legalmente alla professione).

"Ciò che sappiamo è una goccia, ciò che ignoriamo un oceano!" Isaac Newton. Essendo impossibile tenere a mente l'enorme quantità di informazioni, l'importante è sapere dove ritrovare l'informazione quando questa serve. U. Eco