

ELETTROLUCIDATURA

Lucidatura elettrolitica dei metalli



RICERCA CHIMICA CONSULTING
specializzati in trattamenti metalli

SOMMARIO

- Caratteristiche dell'elettrolucidatura
- Teoria
- Usi tipici
- Metalli e leghe
- Elettrolucidatura in pratica
 - Impianti
 - Applicazioni localizzate



CARATTERISTICHE DELL' Elettrolucidatura

- L'elettrolucidatura (*Electropolishing*) è un particolare processo elettrochimico che permette di ottenere una superficie speculare e altamente riflettente sui metalli
- Oltre all'effetto estetico, la superficie risulta esente da impurezze metalliche e priva di tensioni interne indotte dalle lavorazioni meccaniche (*Bilby-layer*)
- La superficie appare levigata e i grani cristallini sono visibili al microscopio



UN PO' DI STORIA...

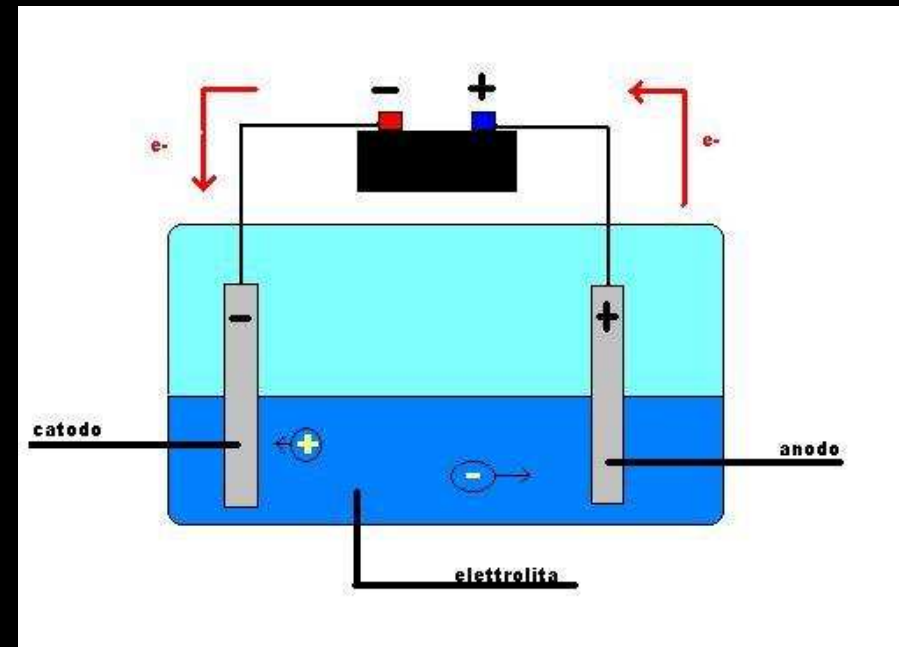
- L'elettrolucidatura è stata riportata per la prima volta nel 1912 in un brevetto dell'Imperial German Government
- E' rimasta una curiosità scientifica fino al 1933-35, in cui si è scoperto la possibilità di applicarla al rame e all'acciaio inox



TEORIA

Erosione uniforme

- In una cella elettrolitica sottoposta a opportuno potenziale continuo V , il metallo posto all'anodo sviluppa le reazioni di ossidazione
- Se gli ossidi prodotti sono solubili, la reazione continua consumando il metallo e disciogliendolo in soluzione
- Nella maggior parte dei casi queste reazioni avvengono alla stessa velocità su tutta la superficie



TEORIA

Erosione controllata

- In speciali soluzioni le reazioni all'anodo NON sono ugualmente veloci
- A livello microscopico, la superficie è composta da una sequenza di picchi e valli (**RUGOSITA'**)
- Se le reazioni di ossidazioni avvengono preferenzialmente sulle **punte** rispetto alle **valli**, la rugosità superficiale diminuisce

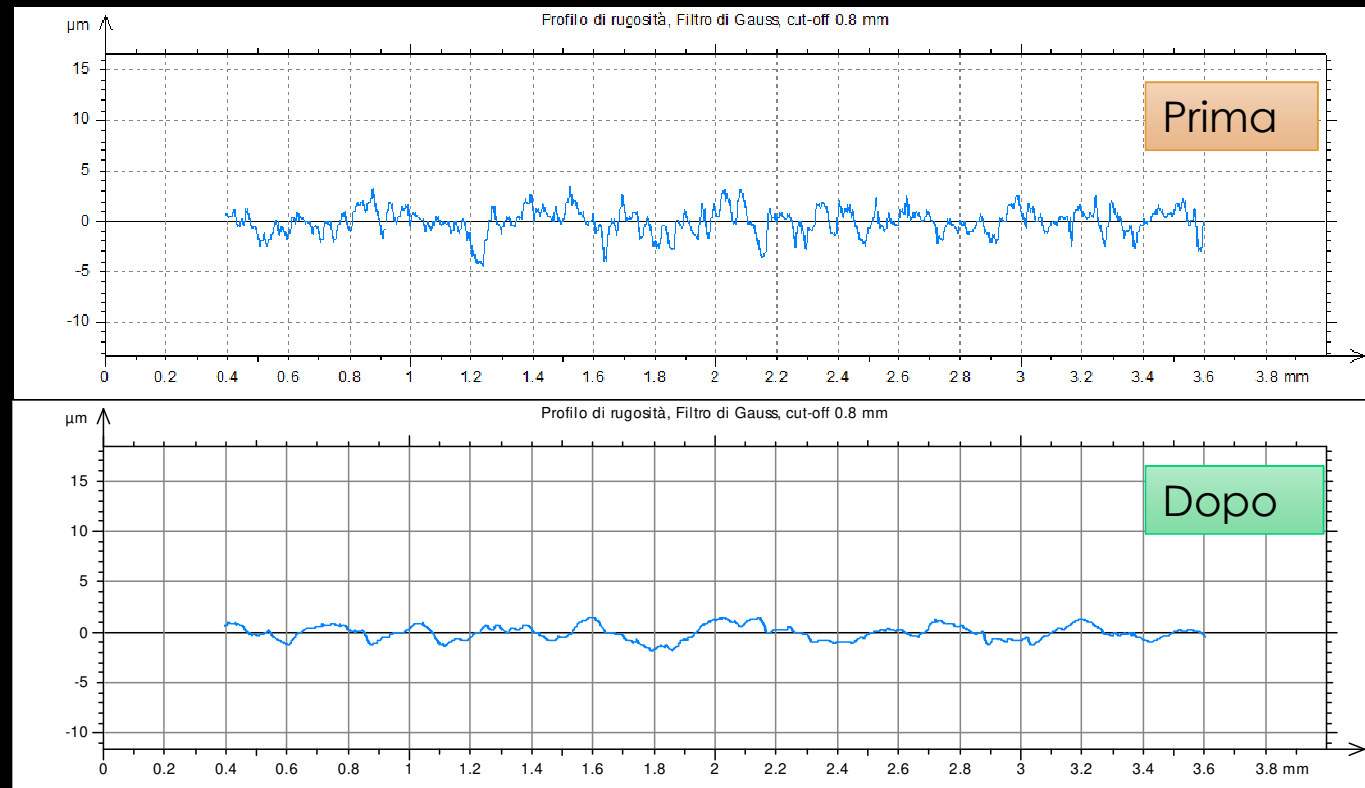


RUGOSITÀ

- Ra= rugosità aritmetica media

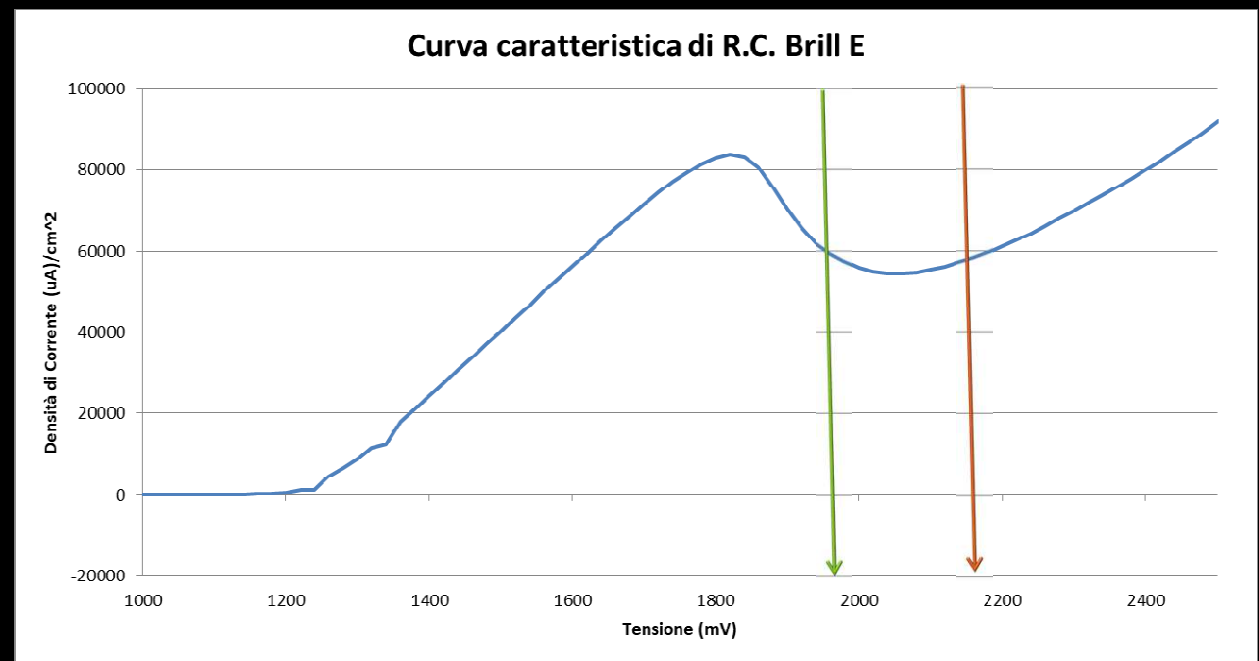
$$Ra = (1/L) \int_0^L |Z(x)| dx$$

- L = evaluation length
Z(x) = the profile height function

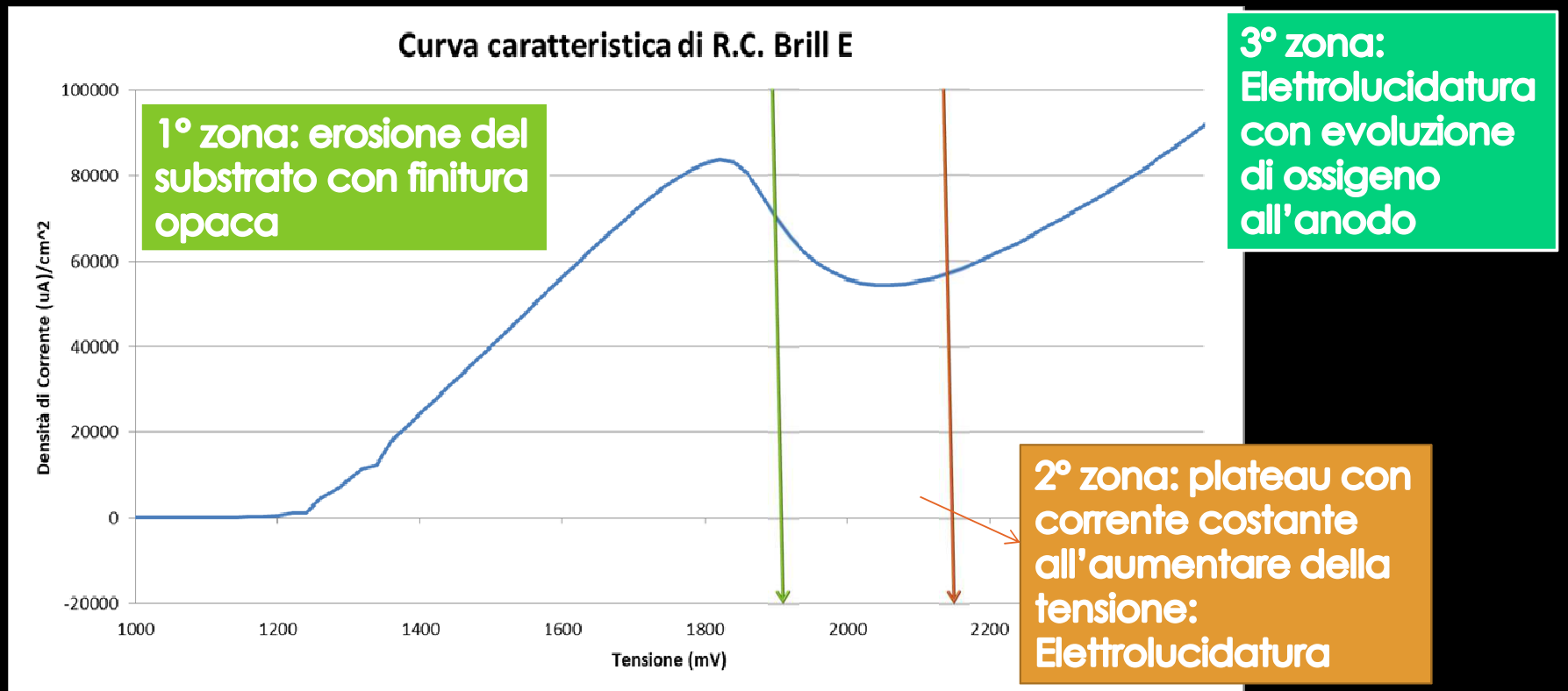


CURVA CARATTERISTICA TENSIONE VS DENSITÀ DI CORRENTE

- Il comportamento della corrente in funzione della tensione non è lineare nel caso dell'elettrolucidatura
- Si nota un ampio plateau tra due zone in cui la corrente cresce linearmente con la tensione
- Il plateau è la fascia di tensione in cui avviene l'elettrolucidatura

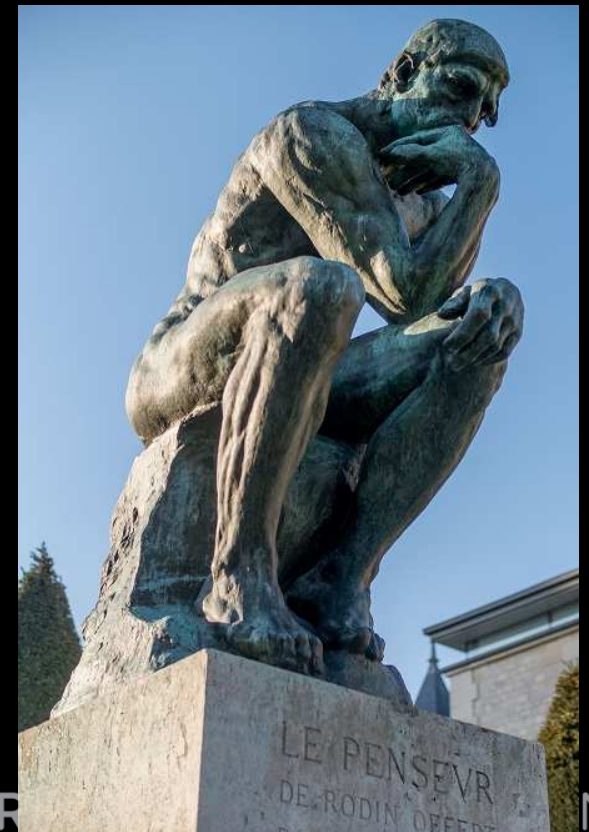


CURVA CARATTERISTICA V-I



MECCANISMO DELL' Elettrolucidatura

- La presenza del plateau nella curva V-I è fondamentale per ottenere l'elettrolucidatura, ma da cosa è originato?
- Esistono diverse teorie che nel tempo hanno cercato di spiegare le reazioni che portano all'elettrolucidatura
- Una delle evidenze sperimentali è la formazione di un **film viscoso** sulla superficie dell'anodo
- La prima delle teorie sull'elettrolucidatura riguarda questo film



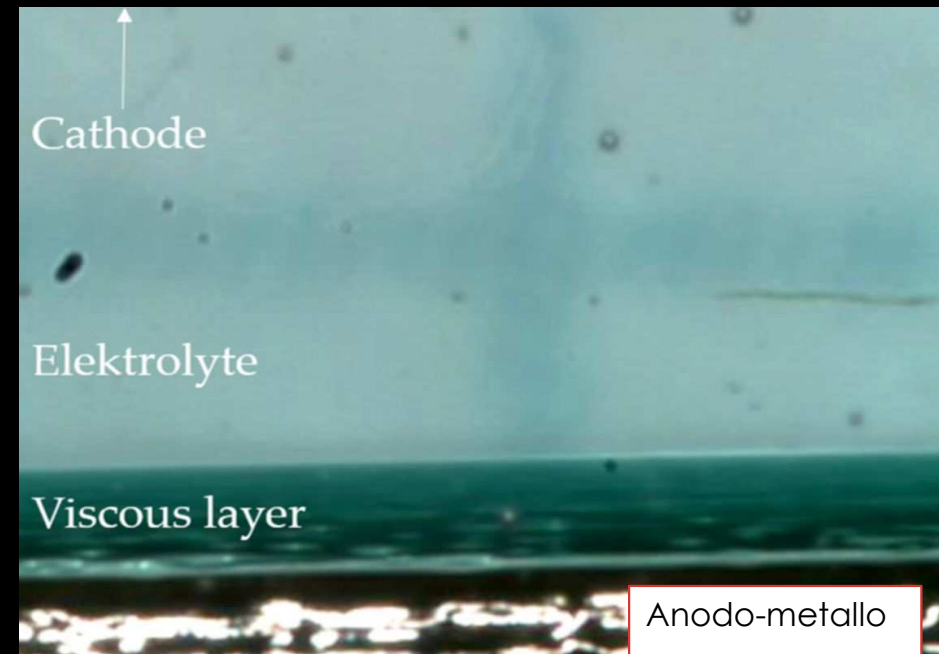
RICERCA

NG

specializzati in trattamenti metalli

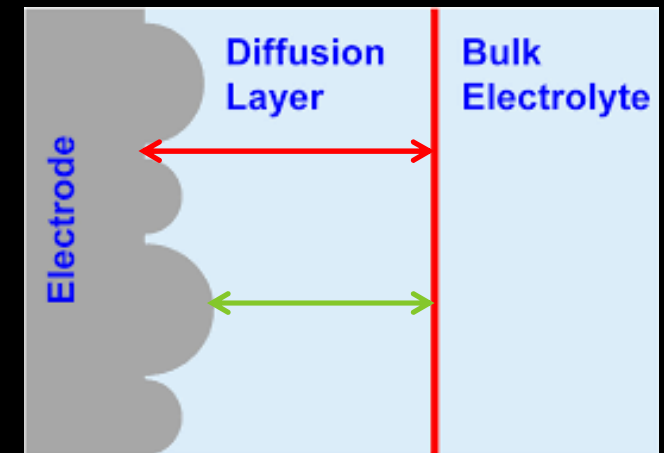
FILM VISCOSO

- Jacques nel 1936 osservò la formazione di un film viscoso blu durante l'elettrolucidatura del rame nell'acido fosforico non diluito
- Questo film si forma lentamente nei primi secondi dell'elettrolucidatura e ricopre tutta la superficie



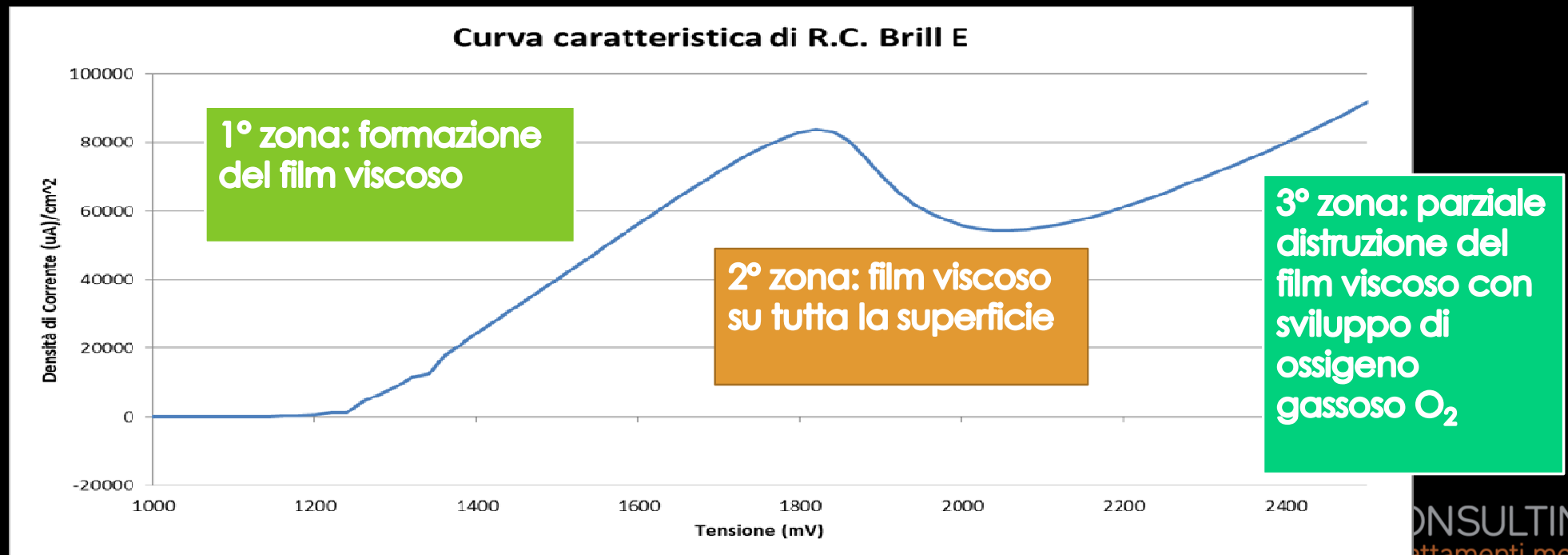
DIFFERENTE RESISTENZA ELETTRICA

- Il film parzialmente isolante copre tutta la superficie, creando delle zone a maggiore e minore resistenza elettrica
- Quindi, a livello microscopico, le punte sono più conduttive, mentre le valli sono schermate da una quantità maggiore di film viscoso
- La velocità di reazione è dunque maggiore sulle punte che sulle valli



FORMAZIONE DEL FILM VISCOSO

- La teoria di Jacques spiega la curva caratteristica V-I e la formazione del plateau



VELOCITÀ DI DIFFUSIONE

- La teoria di Elmore punta l'attenzione non sulla mera resistenza elettrica, quanto sulla velocità di diffusione degli ioni reagenti dalla soluzione e gli ioni prodotti sulla superficie del metallo
- Il film viscoso è formato sia dagli ioni fosfato che dagli ioni prodotti dalle reazioni di ossidazione sulla superficie dell'anodo
- Si crea una differenza sostanziale nelle velocità di arrivo degli ioni reagenti perché questi non possono raggiungere liberamente la superficie ma devono diffondere attraverso uno strato di ioni prodotti
- Le punte sono più facilmente raggiungibili e quindi vengono dissolte preferenzialmente rispetto alle valli
- La rugosità complessiva Ra DIMINUISCE



CONTROLLO DI MASSA

- Il sistema è in controllo di **MASSA** anziché di **CARICA**
- **Infatti, le reazioni non procedono più velocemente aumentando il potenziale, ma restano alla stessa corrente (PLATEAU)**
- La corrente aumenta nella terza zona (dopo il plateau) per due motivi
 - Parte della corrente viene utilizzata per la formazione dell'ossigeno gassoso O₂
 - Le bolle di ossigeno modificano la morfologia del film viscoso che diventa più facile da attraversare per gli ioni reagenti
- La formazione di ossigeno è un evento che può avere effetti positivi e negativi, e va attentamente calibrato



TEORIE SUCCESSIVE

- Il film viscoso è una evidenza sperimentale, ma in alcuni casi si ottiene una elettrolucidatura anche in presenza di elevate agitazioni che in pratica assottigliano moltissimo il film viscoso
- Le successive teorie prevedono non solo la formazione del film viscoso ma anche la formazione di un film di ossido solido
- La formazione dell'ossido è controbilanciata dalla sua dissoluzione continua.
- Anche qui, sulle punte la dissoluzione è maggiore perché la densità di carica è maggiore e la dissoluzione è più veloce
- Nelle valli la dissoluzione è controbilanciata maggiormente dalla formazione di ossido, che diminuisce la velocità di dissoluzione



LIMITI DELL'ELETTROLUCIDATURA

- L'elettrolucidatura è un processo elettrochimico dipendente dalla densità di corrente
- Le soluzioni di elettrolucidatura sono calibrate in modo da ottenere un trattamento uniforme su tutta la superficie, ma questo ha dei limiti intrinseci
 - **Fori**: l'elettrolucidatura non può penetrare all'interno di un foro, a meno di utilizzare un catodo interno
 - **Rientranze**: zone con elevata profondità e lontane dal catodo presentano il problema di non avere una corretta densità di corrente per ottenere l'elettrolucidatura
 - **Evoluzione di gas**: l'ossigeno gassoso può danneggiare l'elettrolucidatura creando piccoli buchi (*pit*) o striature
- Eventuali difetti superficiali sono enfatizzati



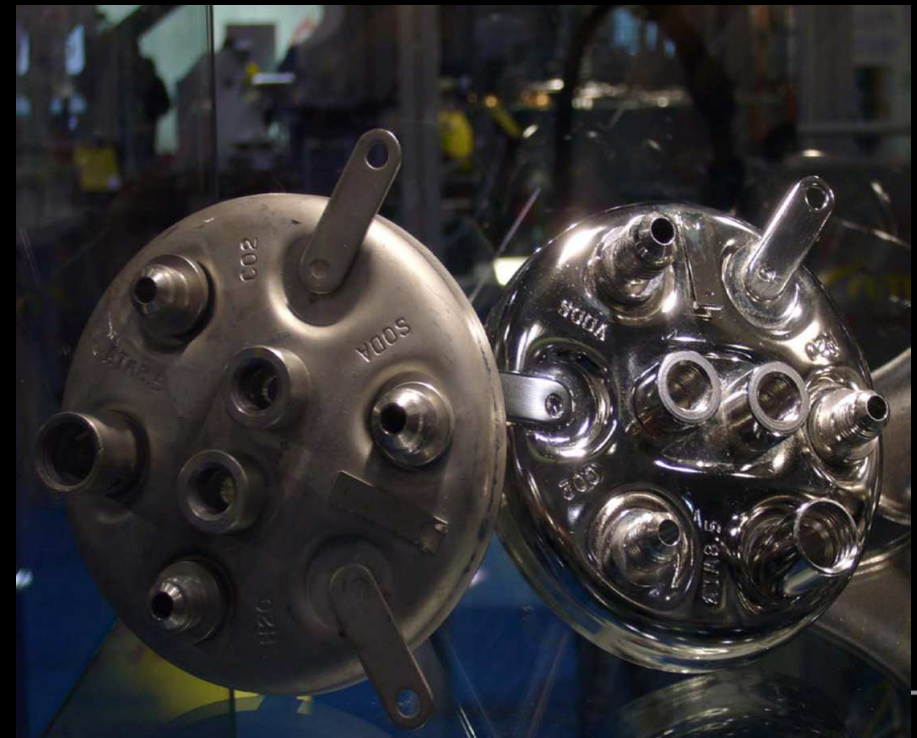
USI TIPICI

- La capacità dell'elettrolucidatura di eliminare lo strato tensionato superficiale e la riduzione notevole di rugosità portano molti benefici
 - Migliore pulibilità della superficie
 - Migliore igienicità della superficie
 - Assenza di impurezze e elementi estranei
 - Nel caso dell'acciaio inox, un aumento della resistenza a corrosione data dall'arricchimento superficiale di cromo
 - Sbavatura
 - Eliminazione delle tensioni meccaniche interne



USI TIPICI

- Queste caratteristiche rendono il trattamento di elettrolucidatura fondamentale in moltissimi campi di utilizzo
 - Dentale
 - Medico
 - Farmaceutico
 - Alimentare
 - Marino



METALLI E LEGHE

- Molti bagni di elettrolucidatura sono stati studiati per elettrolucidare i metalli e le leghe
- I bagni tradizionali sono utilizzati per l'elettrolucidatura di
 - Acciaio inox AISI 304 e 316
 - Titanio grado 5 (Ti-Al-V) e puro
 - Rame
 - Ottone
 - Alluminio e leghe serie 6000 (Lega alluminio-silicio-magnesio-manganese, Anticorodal)
- Data la complessità delle reazioni che devono avvenire per ottenere l'elettrolucidatura, le composizioni dei bagni di lucidatura sono spesso segreti gelosamente custoditi dalle industrie produttrici



ACCIAIO INOX

- L'acciaio inox è una lega Fe-Cr-C in cui il cromo è presente almeno al 10,5% in peso.
- Il cromo (insieme al ferro) forma uno strato di ossido compatto sulla superficie che protegge efficacemente la superficie dalle aggressioni esterne
- L'acciaio inox esiste in molteplici leghe, tra cui:
 - AISI 304 e 316: alta resistenza a corrosione
 - AISI 420: elevata durezza, minore resistenza a corrosione rispetto a serie 300
 - AISI 630 PH: elevata durezza, minore resistenza a corrosione rispetto a serie 300
- L'elettrolucidatura dell'acciaio inox è in continuo studio per ottenere risultati sempre più performanti



TITANIO

- Il titanio è ampiamente utilizzato in campo medico per la sua elevata biocompatibilità
- Il suo ossido estremamente resistente è una sfida per l'elettrolucidatura
- I bagni di elettrolucidatura per il titanio prevedono l'aggiunta di ioni fluoruro per poter disciogliere l'ossido di titanio superficiale
- La gestione del bagno è più articolata perché la velocità di dissoluzione dell'ossido dipende dalla temperatura e dalla concentrazione di ioni F^- , ma non dalla densità di corrente



IMPIANTI DI ELETTROLUCIDATURA

- Le soluzioni di lucidatura tradizionali sono miscele di acidi concentrati non diluiti, portate a temperature di 45-60°C
- Vari additivi sono stati studiati per aumentare la brillantezza, l'omogeneità di trattamento su tutta la superficie e la penetrazione nelle zone più lontane dal catodo



TELAI

- Industrialmente si utilizzano grandi telai in rame o titanio, opportunamente ricoperti in teflon per l'aggancio dei pezzi
- Il punto di contatto è fondamentale per ottenere la corretta densità di corrente sui manufatti
- Il punto di contatto è visibile, quindi è importante scegliere una posizione 'nascosta'



ELETTROLUCIDATURA LOCALIZZATA

- Oltre al trattamento in vasca, è possibile elettrolucidare localmente su piccole porzioni di metallo con sistemi a tampone collegati a speciali sistemi elettrochimici



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



RICERCA CHIMICA CONSULTING
specializzati in trattamenti metalli