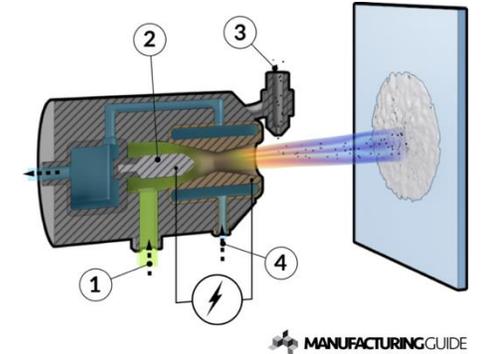
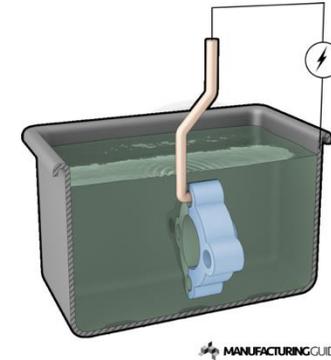
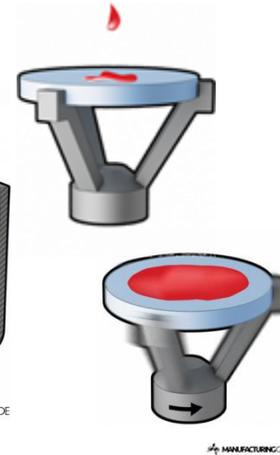
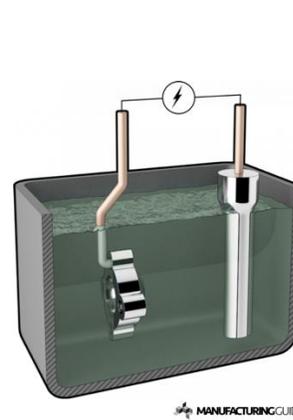
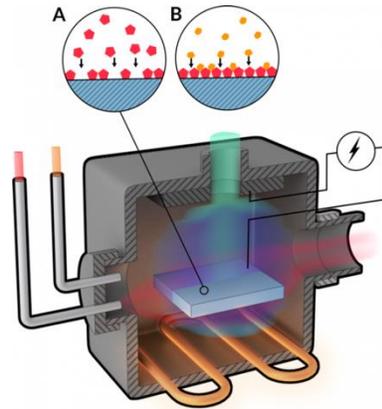


77883 - Trattamenti Superficiali e Rivestimenti per Materiali Metallici (6 CFU)

*GOD made solids,
but surfaces were
the work of the DEVIL*

Wolfgang Pauli (1900-1958)



Prof.ssa Carla Martini

Dip. Ingegneria Industriale (DIN), Gruppo Metallurgia



carla.martini@unibo.it

<http://www.unibo.it/docenti/carla.martini>

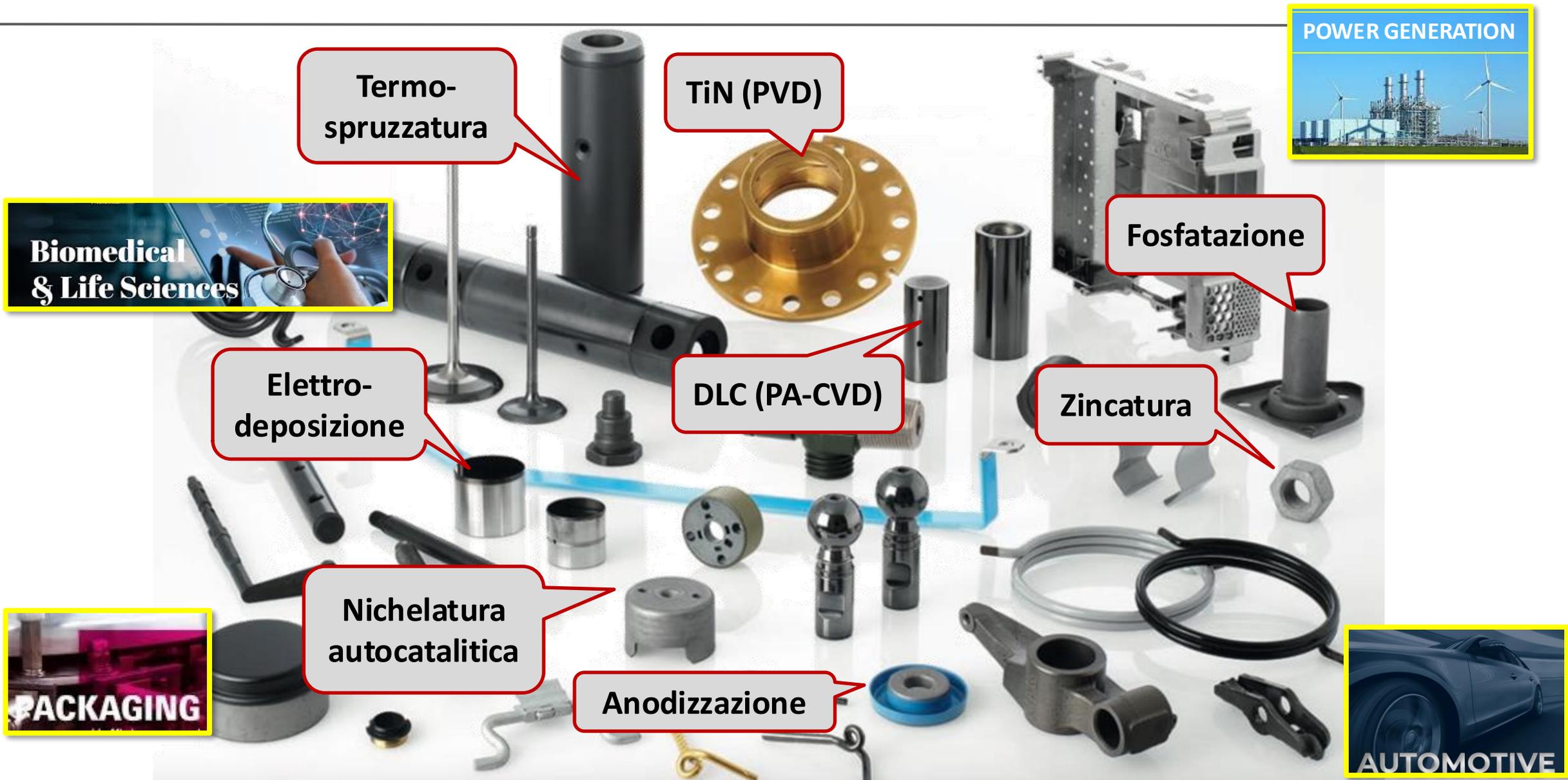


<https://youtu.be/3urRkuUkXWc>

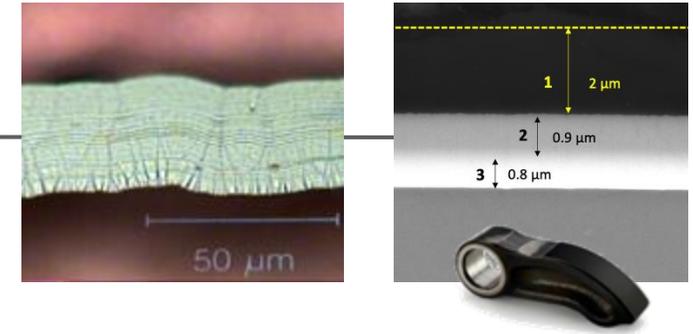
Il ciclo – immatricolati AA2024-25:

- Attività formative a scelta (C), **I anno**: PROGETTAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE.
- Attività formative a scelta libera consigliate (D), **II anno**: BIOMECCANICA; MACCHINE A FLUIDO; AUTOMAZIONE E ROBOTICA.
- Mutuazione per LM CHIMIND

Trattamenti Superficiali e Rivestimenti per Materiali Metallici: **come e perchè?**



TSRM: Obiettivi formativi del corso



Fornire le conoscenze necessarie per:

1. **Valutare** in quali applicazioni è necessario o conveniente **modificare le proprietà superficiali** di un materiale per renderlo **più resistente alla corrosione e all'usura** (senza comprometterne eccessivamente la resistenza a **fatica**) o conferirgli **particolari proprietà** fisiche e chimiche.

2. **Scegliere**, in vista di una determinata applicazione, quali adottare tra le principali tecniche di modificazione superficiale per materiali metallici, con consapevolezza dei **limiti** e dei **vantaggi** di ciascuna tecnica.

Termospruzzati per applicazioni tribologiche/2

	Materiale depositato (Tecnologia di spruzzatura)	Processi di usura	Esempi di applicazione
Metalli	Bronzo (a fiamma)	Usura per strisciamento	Cuscinetti (anche resist. a corrosione)
	Molibdeno (a fiamma, ad arco, al plasma)	Usura per strisciamento e resistenza allo scuffing, fretting	Fasce elastiche, camme, bilancieri
	Leghe di Fe ad alto C: acciai per utensili o martensitici e ghise (a fiamma, ad arco)	Usura per strisciamento	-
	Leghe Co-Mo-Cr-Si (al plasma, HVOF)	Usura per strisciamento, fretting	Stampi per ceramica, battute di valvole
	Leghe Ni-Cr-Mo con SiC e/o WC (al plasma, HVOF)	Usura abrasiva e per cavitazione	Anelli di tenuta, componenti per l'industria petrolifera

Scuffing: usura adesiva severa// Fretting: usura per sfregamento con moti di piccola ampiezza

Cold Spray

Vantaggi



- la crescita dello strato avviene per **deformazione plastica in fase solida**, **minimizzando i fenomeni di ossidazione e di decomposizione**, che possono avvenire durante la **termospruzzatura** convenzionale → **metodo ideale per riportare metalli e leghe sensibili all'ossigeno come Al, Ti, Mg e Cu**.
- si ottengono strutture ad **alta compattezza ed elevata durezza** (microstruttura incrudita)
- si generano **strati tensionati a compressione**, evitando stress residui dannosi come quelli legati ai fenomeni di ri-solidificazione dopo fusione
- il processo di spruzzatura a freddo può essere impiegato anche per formare componenti **near-net shape** e per ripristino di quote usurate o **riparazioni** (settore aeronautico).

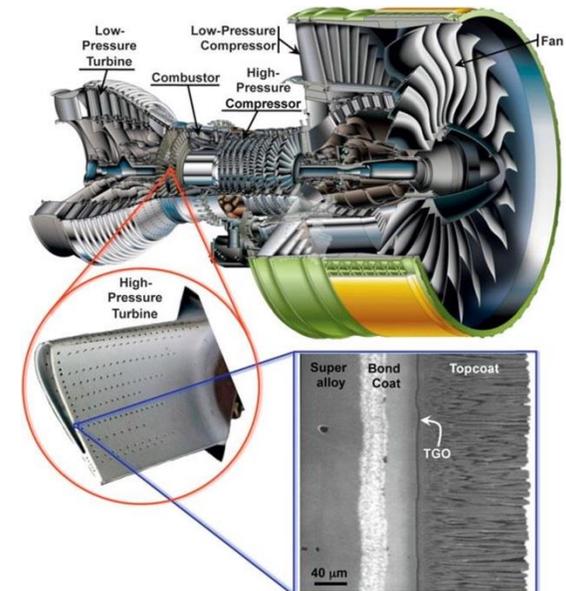
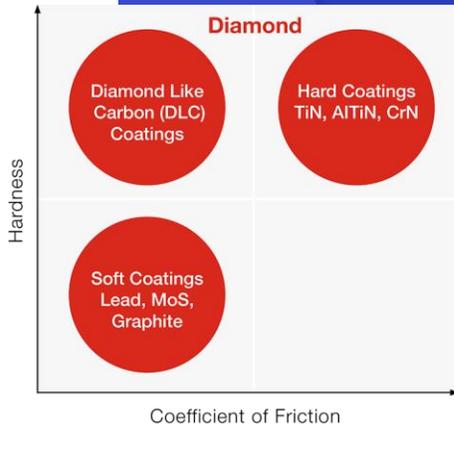
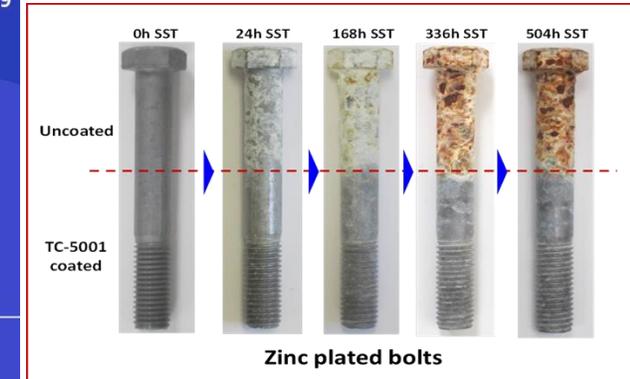


Limiti



- i **materiali poco deformabili** (es. ceramici) si possono depositare solo impiegando leganti
- elevato consumo di **gas costosi** (es. He)

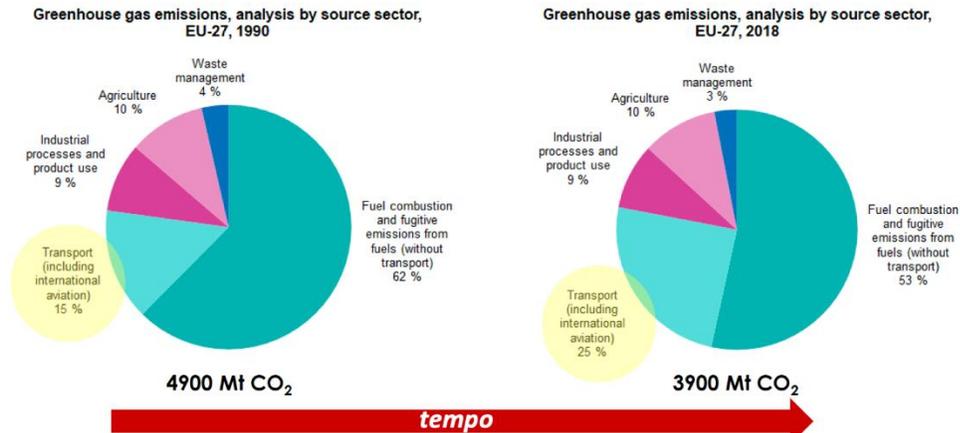
Perché l'Ingegneria delle superfici (*surface engineering*)?



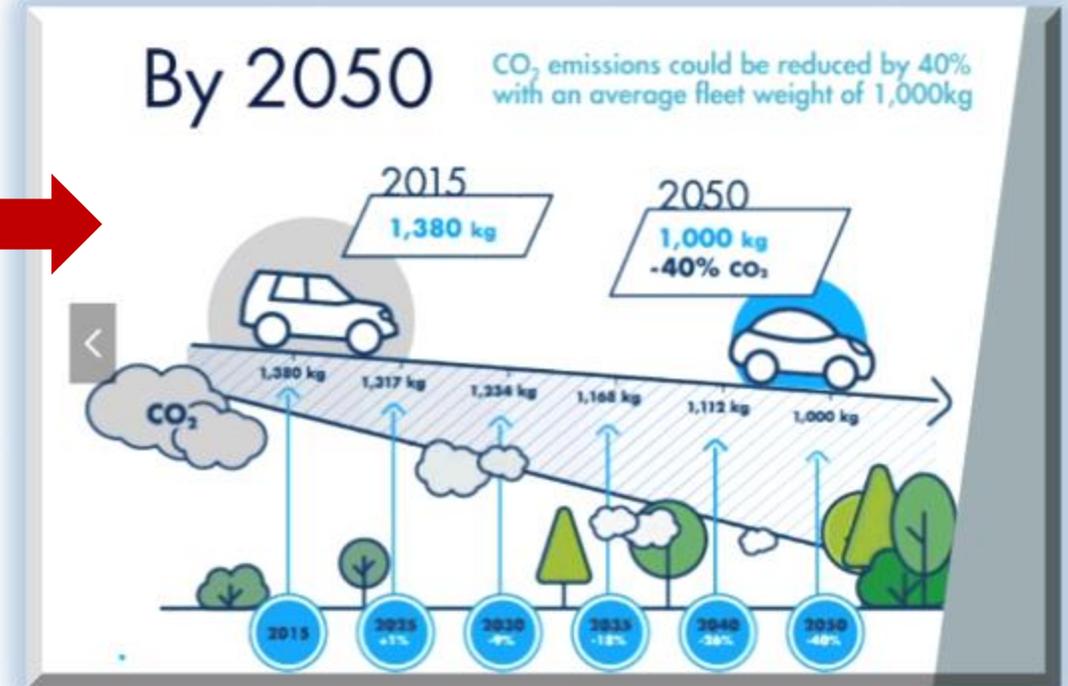
<https://www.verifiedmarketresearch.com/reports/>

Ingegneria delle superfici e alleggerimento strutturale

The climate emergency and the role of transport



- In the transport sector, CO₂ emissions increased from 730 Mt (1990) to 960 Mt (2018)



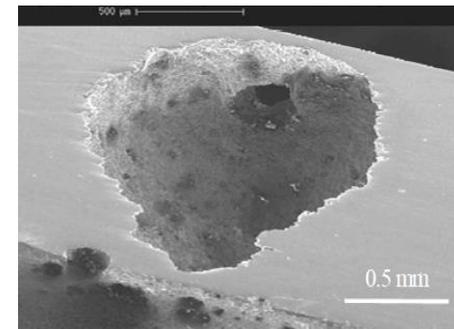
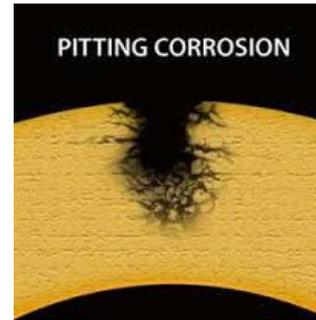
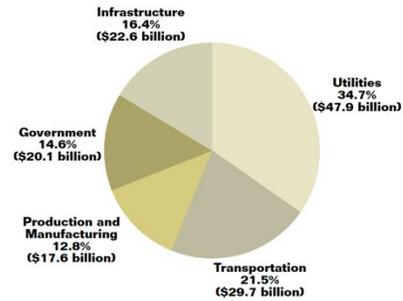
- Aumentare le prestazioni di **leghe leggere** per estenderne l'impiego (sia nei veicoli – *se elettrici, compensare peso pacco batterie e motore*- che nelle stazioni di ricarica per veicoli elettrici)
- Aumentare la **durabilità di leghe ferrose alto-prestazionali** (per componenti alleggeriti)
- Compensare/correggere i difetti superficiali di componenti metallici prodotti con **tecnologie additive**

TSRM: Programma

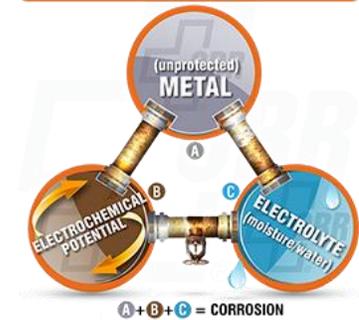
1. Generalità sui meccanismi di **danneggiamento**

- **CORROSIONE**

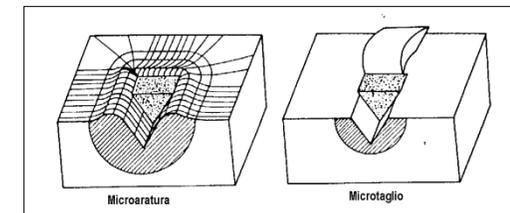
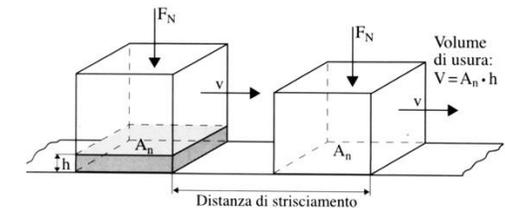
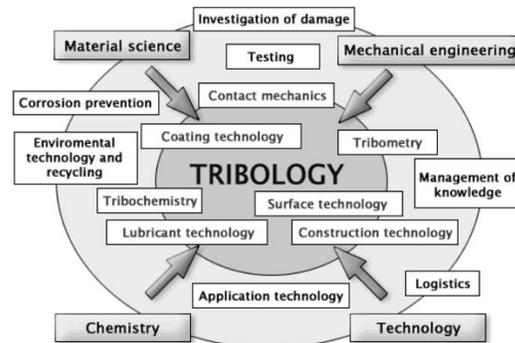
COST OF CORROSION IN INDUSTRY CATEGORIES (\$137.9 BILLION)



THE CORROSION TRIANGLE

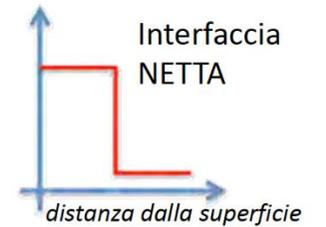
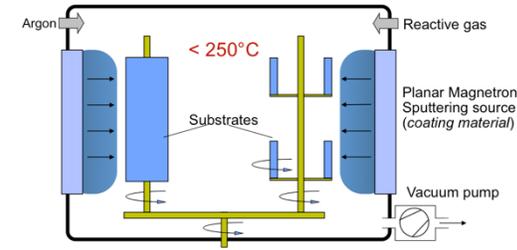
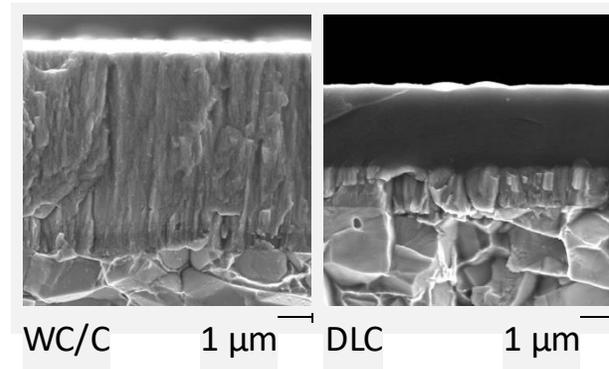


- **ATTRITO/USURA**

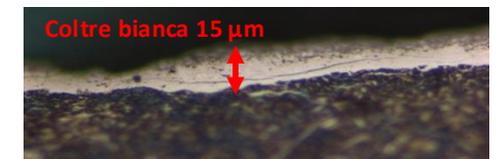
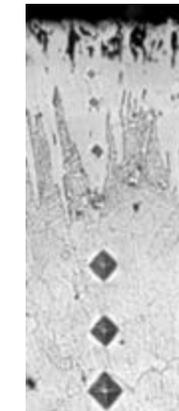
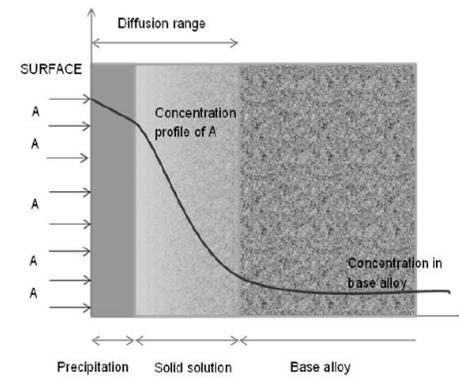


2. Rivestimenti e trattamenti da fase vapore

- Rivestimenti sottili
PVD/CVD (+ DLC)

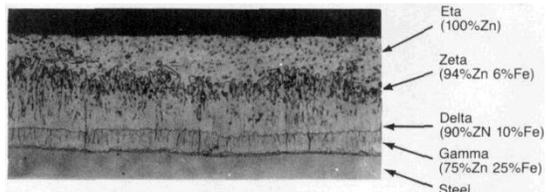


- Trattamenti termochimici
(borurazione, alluminizzazione,
cromizzazione...)



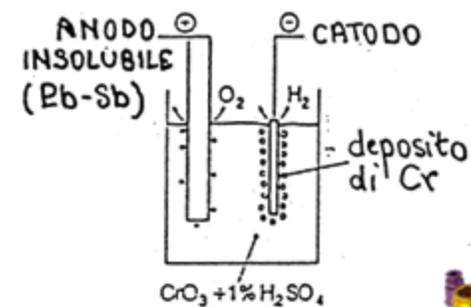
3. Rivestimenti e trattamenti da fase liquida

- Rivestimenti metallici depositati per via elettrochimica e chimica (Ni, Cr, ...)
- Zincatura a caldo
- Tecniche di conversione convenzionali (fosfatazione, cromatazione, ossidazione anodica) ed innovative (PEO)



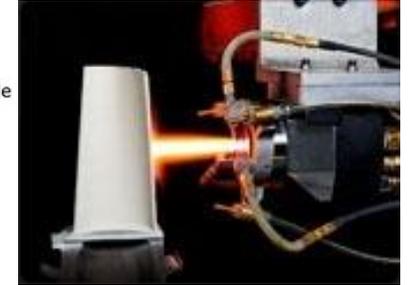
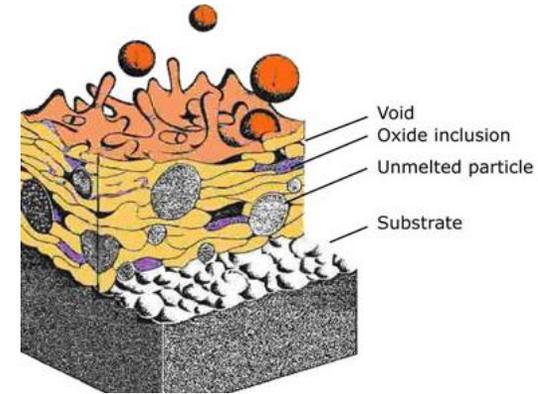
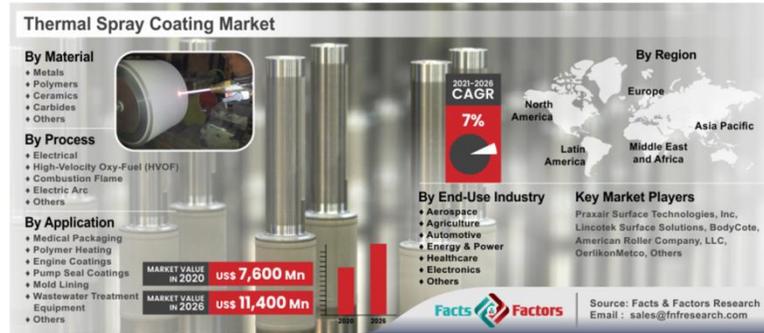
Componenti *automotive* in lega Ti trattabili mediante anodizzazione innovativa (PEO)

Applied Surface Science Advances 5 (2021) 100121

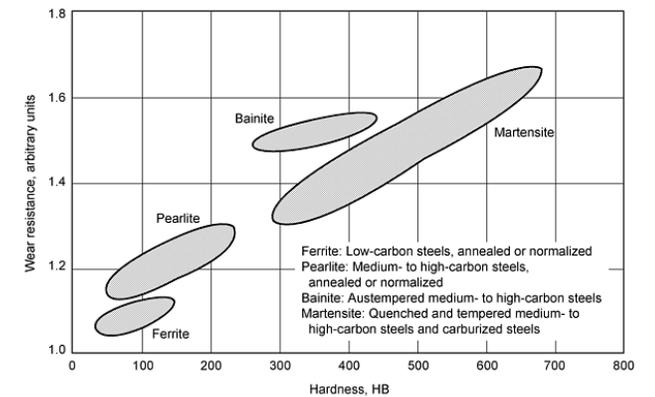
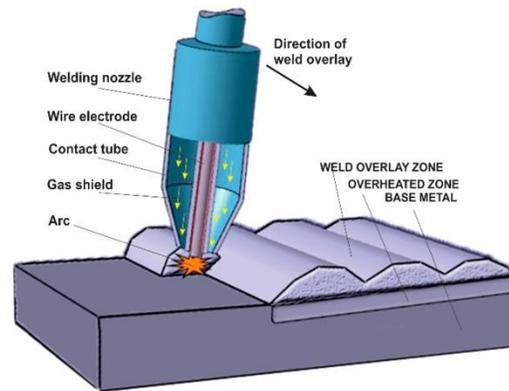


4. Rivestimenti e trattamenti da **fase solida**

- Termospruzzatura & *cold spray*



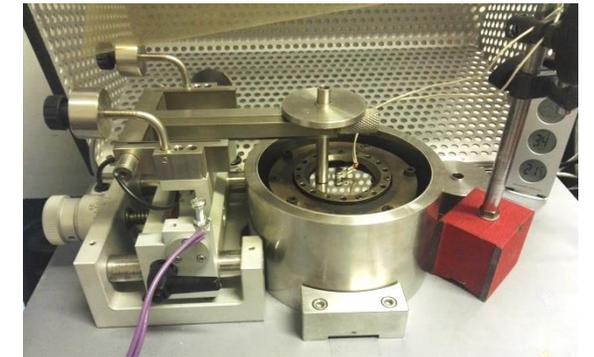
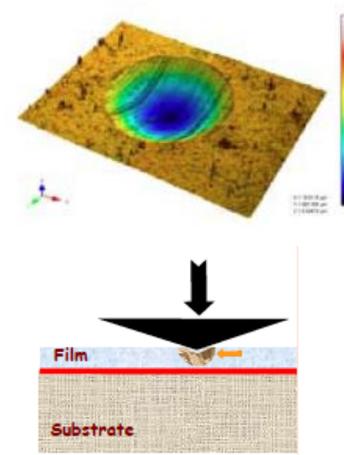
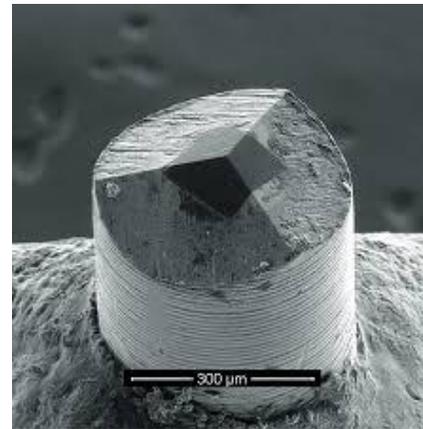
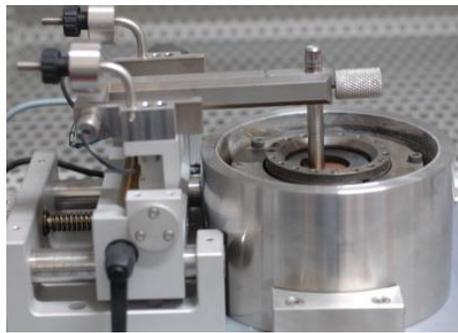
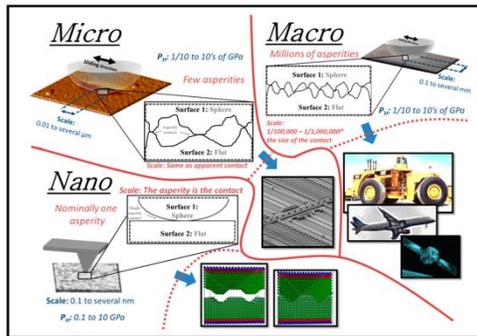
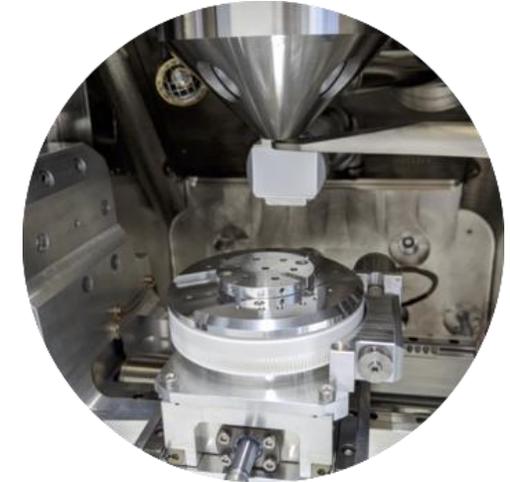
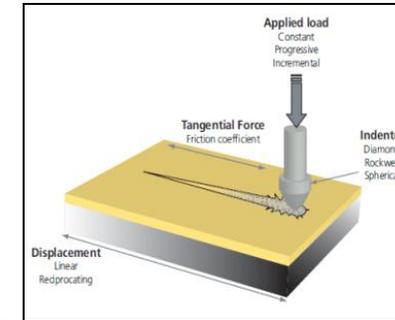
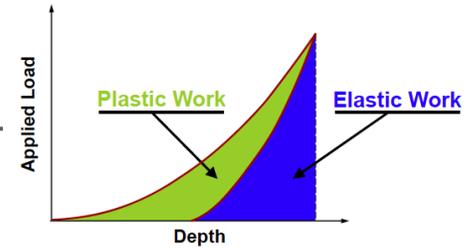
- Riporti saldati
- Cladding



TSRM: Programma

5. Caratterizzazione Rivestimenti/Trattamenti Superficiali

- **Metodi e normative**

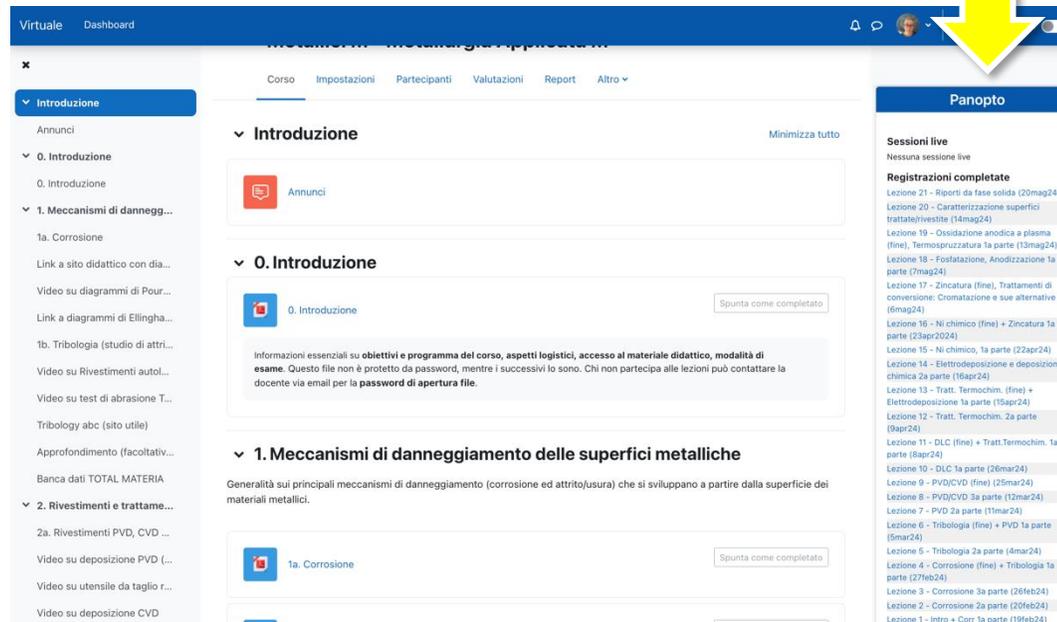


TSRM: Aspetti logistici

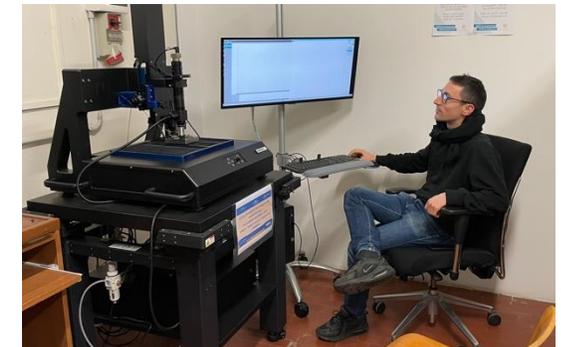
Metodo didattico:

- lezioni teoriche 
- Lab Metallurgia – DIN: modalità di indagine per superfici metalliche modificate
- **seminario integrativo facoltativo (esperti aziendali).**

- **Orario ???**



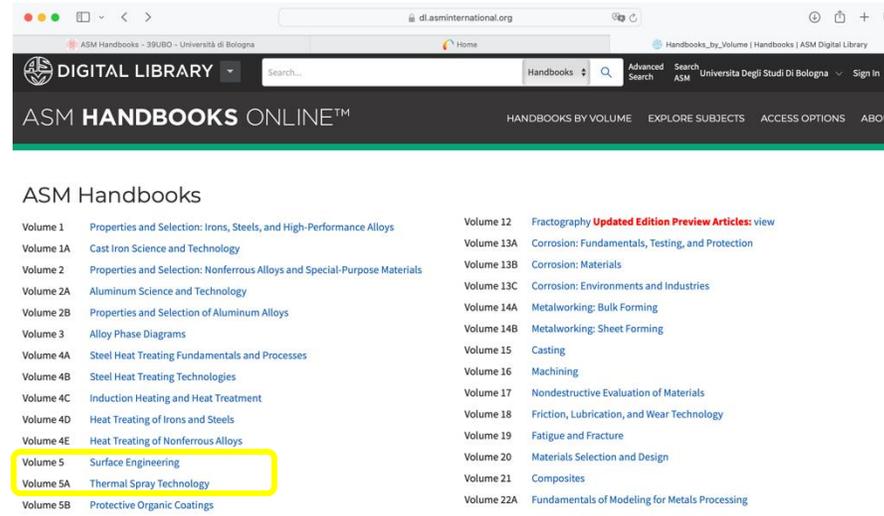
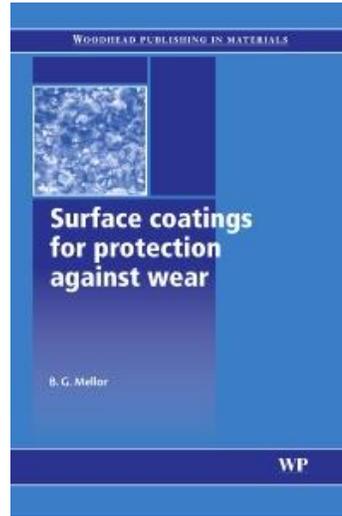
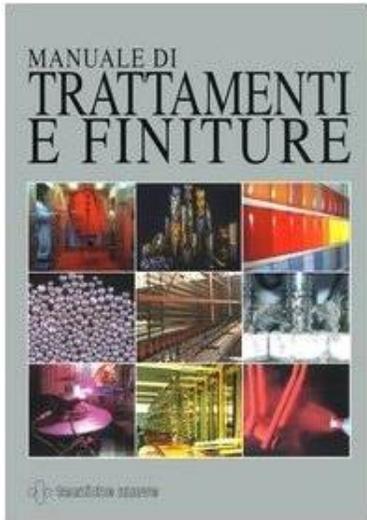
The screenshot shows a virtual course dashboard for 'Metallurgia Applicata'. The interface includes a navigation menu on the left with sections like 'Introduzione' and '1. Meccanismi di danneggiamento delle superfici metalliche'. The main content area displays '0. Introduzione' with an announcement and '1. Meccanismi di danneggiamento delle superfici metalliche' with a video titled '1a. Corrosione'. A 'Panopto' sidebar on the right lists 'Sessioni live' (none) and 'Registrazioni completate' (21 sessions). A yellow arrow points to the top right corner of the dashboard.



TSRM: Materiale didattico

pdf protetti da password*

- slide su **VIRTUALE.UNIBO.IT**
- **testi di consultazione specifici** (facoltativi, indicati in ciascun capitolo)
- **testi di consultazione generali** (facoltativi, reperibili in biblioteche UniBO):



*Chi non fosse presente in aula è pregato di contattare via email la docente per ottenere la password dell'anno in corso

- AA.VV: Manuale di trattamenti e finiture (2003), Tecniche Nuove
- B.G. Mellor (Ed.), Surface coatings for protection against wear (2006), Woodhead
- ASM Handbook (Vol. 5) Surface Engineering

Modalità di verifica dell'apprendimento



- **Verificare con anticipo che il corso sia stato inserito a piano studio!**

1. **Scritto: Test a risposte multiple** via **EOL** (30 domande con 4 opzioni (1 sola vera), 45 min)

Virtuale Dashboard Recenti

Autovalutazione formativa 1 (quiz)

Quiz Domande a risposta multipla cap.1a, 1b, 2a, 2b

Spunta come completato

Materiale per **autovalutazione e verifica dei concetti acquisiti** (a scopo formativo, non valutativo): test a risposte multiple (4 opzioni, di cui 1 sola vera) da **30 domande su corrosione, tribologia, rivestimenti PVD, CVD, PA-CVD e a base di carbonio**. Test aperto fino al 15/09/2023 ore 22. Per iniziare il tentativo occorre inserire la password fornita a lezione (contattare per email il docente se non si conosce la password).

Informazioni pratiche: è possibile navigare all'interno del test passando avanti e indietro da una domanda all'altra nell'ordine desiderato ("navigazione quiz" con caselle numerate a destra in alto). Si può verificare se la risposta data è corretta o meno cliccando sul pulsante "Verifica risposta" in fondo a ciascuna domanda. Si possono ritentare domande a cui è stata data una risposta sbagliata cliccando sul pulsante "riprova con una domanda simile a questa" (che di fatto ripropone la stessa domanda), che appare dopo aver verificato la risposta data.

Attenzione: nell'esame vero e proprio le domande sono proposte in modo sequenziale (non si torna indietro) e non si vede il risultato risposta per risposta

2. **Orale: domande aperte** (si accedere all'orale dopo aver conseguito almeno **18 risposte corrette** nella prova scritta, svolta nello stesso appello)

Gruppo Metallurgia (DIN): collaborazioni industriali



OUR COATINGS, YOUR SOLUTION

