



Coordinamento Interuniversitario  
Veneto per le Nanotecnologie



REGIONE DEL VENETO

---

Giornata di disseminazione dei progetti CIVEN  
3 Luglio 2009

## **Rivestimenti sottili per materiali metallici**

*Relatore: Dott. Lorenzo Zottarel*  
*[zottarel@civen.org](mailto:zottarel@civen.org)*

# OUTLINE

---

- **Le applicazioni industriali**

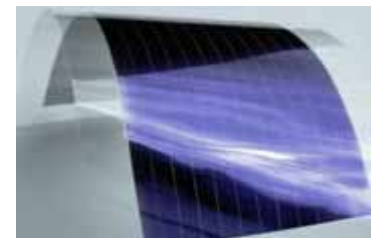
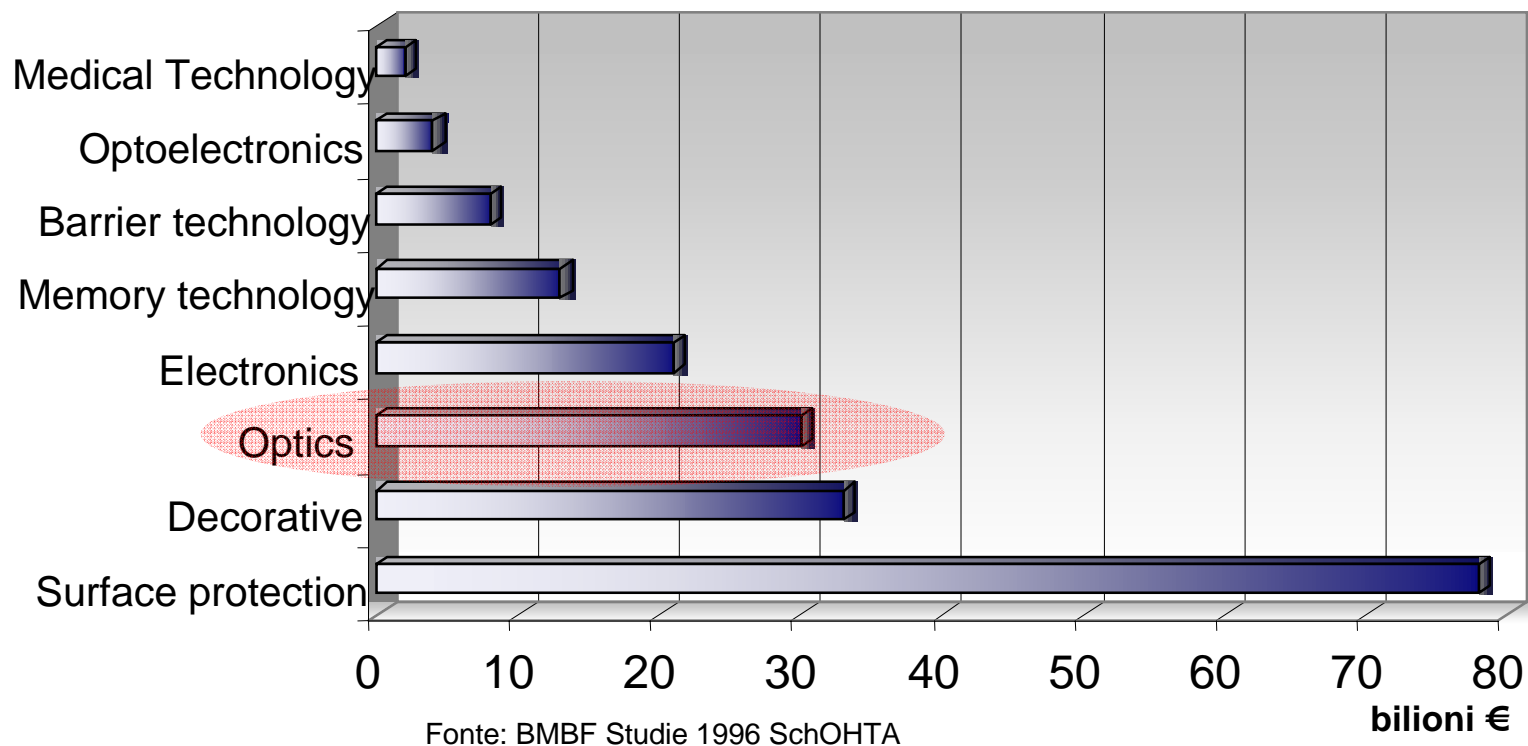
- I settori di applicazioni e l'evoluzione del mercato

- **Esempi applicativi in Civen**

- Lubrificanti solidi: Ti-MoS<sub>2</sub>, DLC
- Rivestimenti ad elevata durezza: TiN, CrN
- Rivestimenti protettivi in temperatura: CrAlYN

# Magnetron sputtering: Settori di applicazione

## Settori di applicazione dei rivestimenti sottili



Fraunhofer ISE



Civen



sciencedesk.files.wordpress.com  
ss. mco



Germes



WBParts  
AERIAL PARTS PROCUREMENT SERVICE



Lafer  
SOLLECIMONDI P.V. S.p.A.

# Magnetron sputtering: un mercato in continua crescita....

Sono già presenti diversi terzisti sia per gli impianti di deposizione sia per la realizzazione dei rivestimenti, alcuni esempi: Hauzer, Kolzer, Von Ardenne, Lafer, ed altri.

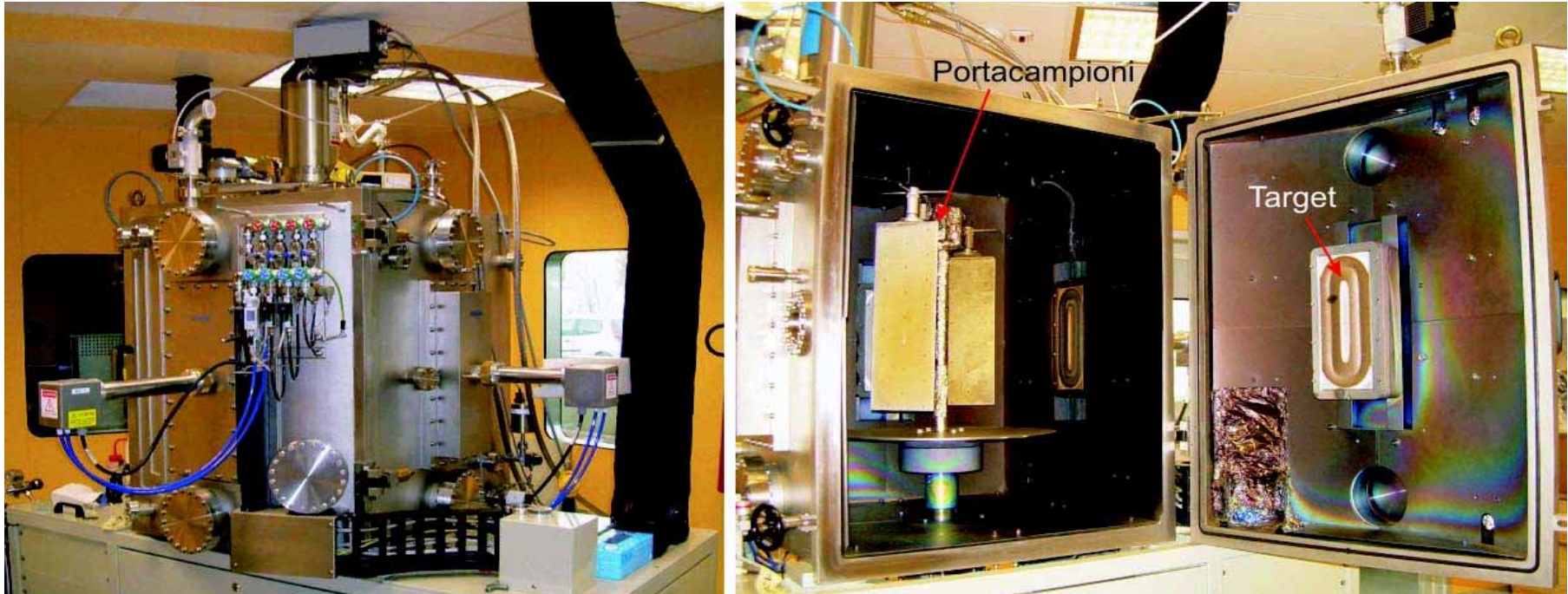
## Impianti in continuo per vetri piani



## Impianti roll to roll



# PVD magnetron sputtering



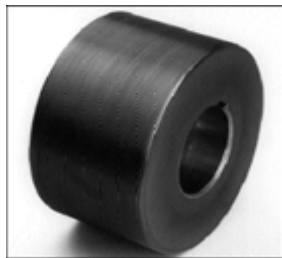
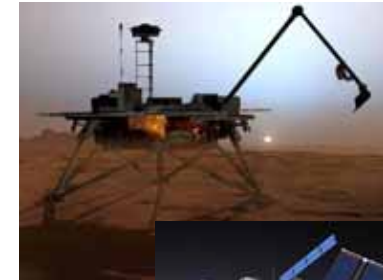
- 4 sorgenti 12,5 x 31,7 cm  $\Rightarrow$  deposizione fino a 4 materiali differenti contemporaneamente
- Velocità di deposizione pari a 10  $\mu\text{m}/\text{h}$  per i metalli; 2  $\mu\text{m}/\text{h}$  per i ceramici
- Volume camera 1 m<sup>3</sup>
- Portacampioni rotante con capacità di carico di 400kg

# Esempi applicativi in Civen

## Lubrificanti solidi

### Perchè?

- Ridurre l'usura dei componenti meccanici aumentando le prestazioni e la vita dell'utensile
- Importanza nella riduzione dell'attrito per la riduzione del riscaldamento dei componenti
- Importanza nella riduzione dell'attrito per la riduzione del consumo energetico



### Applicazioni:

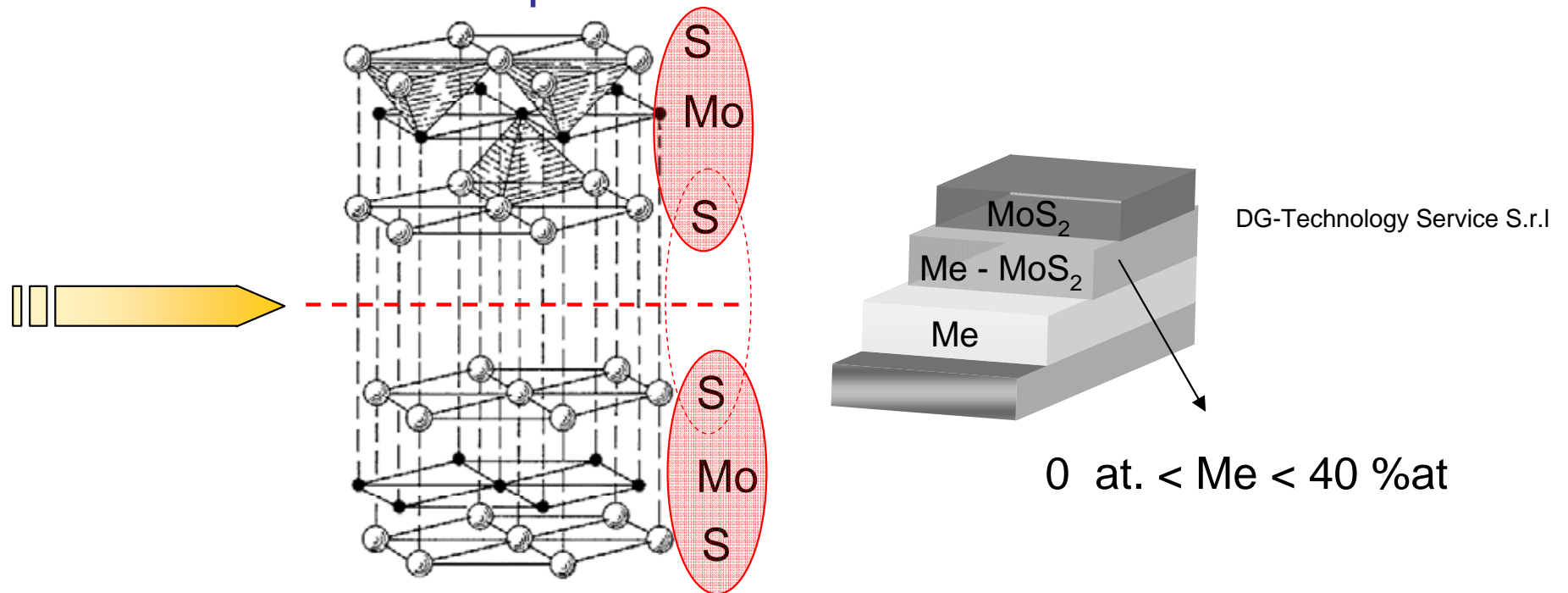
- Settore meccanico (utensili, viti, ingranaggi)
- Settore aerospaziale
- Automazione industriale

By Engineer Thorsten Michler and Dr. Klaus Taube,  
Fraunhofer Insitut

# Esempi applicativi in Civen

## Lubrificanti solidi: Me-MoS<sub>2</sub>

- Coefficiente d'attrito compreso fra 0.01- 0.15



✓ L'ossigeno presente nell'umidità facilita l'ossidazione del MoS<sub>2</sub> deteriorandone le proprietà. Per migliorare le proprietà tribologiche del rivestimento e ritardare l'ossidazione del Mo si utilizzano metalli di transizione sia come interlayer sia come droganti all'interno della struttura del MoS<sub>2</sub>

# Esempi applicativi in Civen

## Lubrificanti solidi: **DLC**

### Caratteristiche:



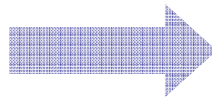
Buone proprietà autolubrificanti

Buona durezza meccanica 1000-1500 HV

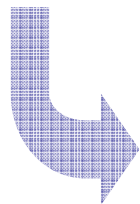
Biocompatibilità



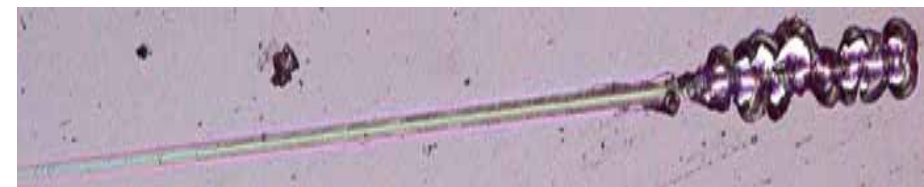
Ceramico / Fragile



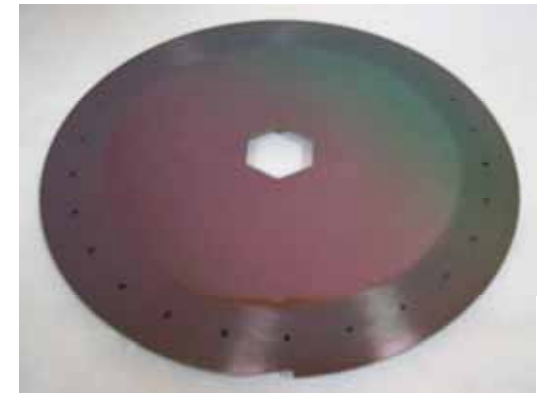
Comportamento di tipo fragile  
con scarsa adesione



Introduzione di  
metalli di  
transizione



Miglioramento dell'adesione al  
substrato: **Maggiore carico a rottura**



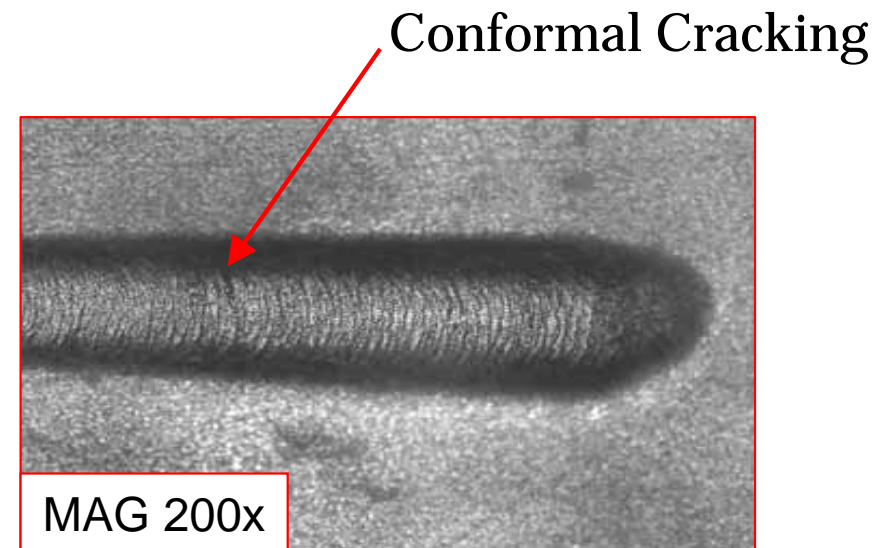
Progetto Tractum - Le Monde

# Esempi applicativi in Civen

## Ottimizzazione del CrN per rivestimento di stampi

### CrN

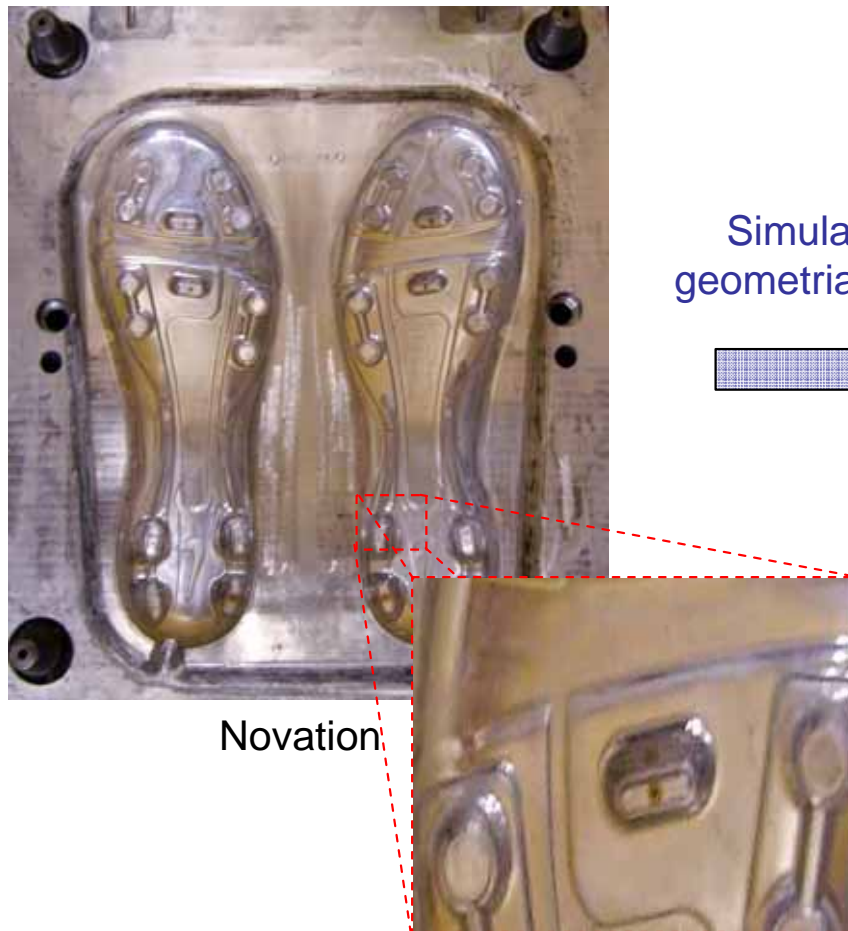
- ✓ Buona durezza : 2000-2500 HV
- ✓ Buona resistenza all'ossidazione
- ✓ Possibilità di depositare uno strato di Cr metallico per assecondare gli stress
- ✓ Possibilità di crescita fino a 40  $\mu\text{m}$
- ✓ Velocità di crescita comprese fra 2-3  $\mu\text{m/h}$



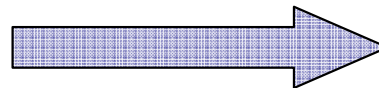
# Esempi applicativi in Civen

## Ottimizzazione del CrN per rivestimento di stampi in alluminio

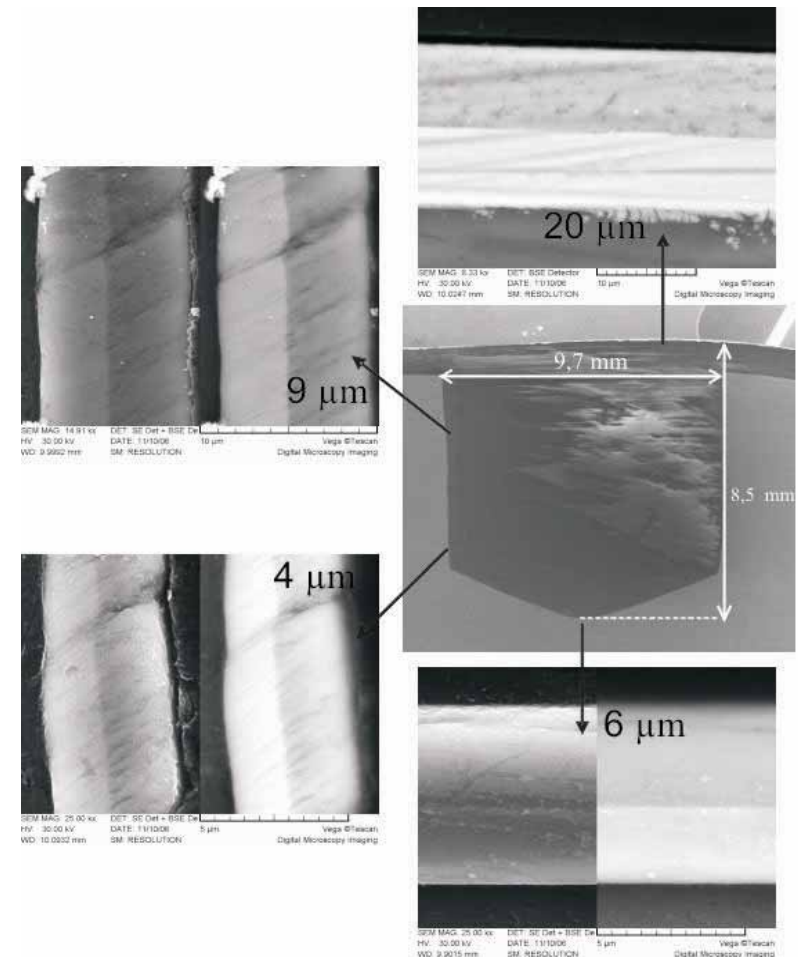
Complessi fattori di forma



Simulazione della geometria del tacchetto



Caratterizzazione SEM del rivestimento nei differenti punti



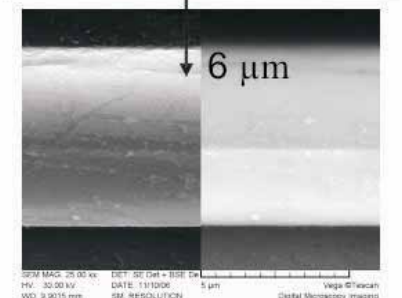
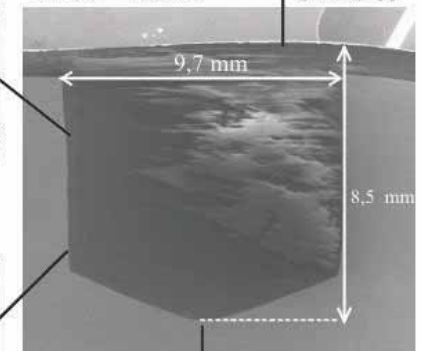
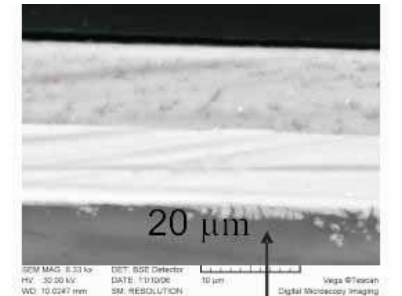
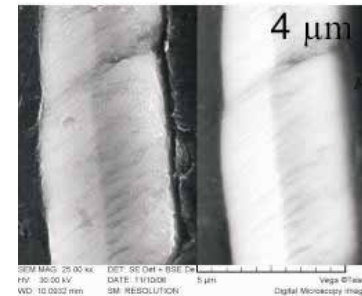
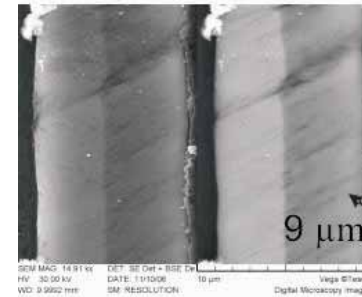
# Esempi applicativi in Civen

## Ottimizzazione del CrN per rivestimento di stampi in alluminio

Caratterizzazione SEM del rivestimento nei differenti punti



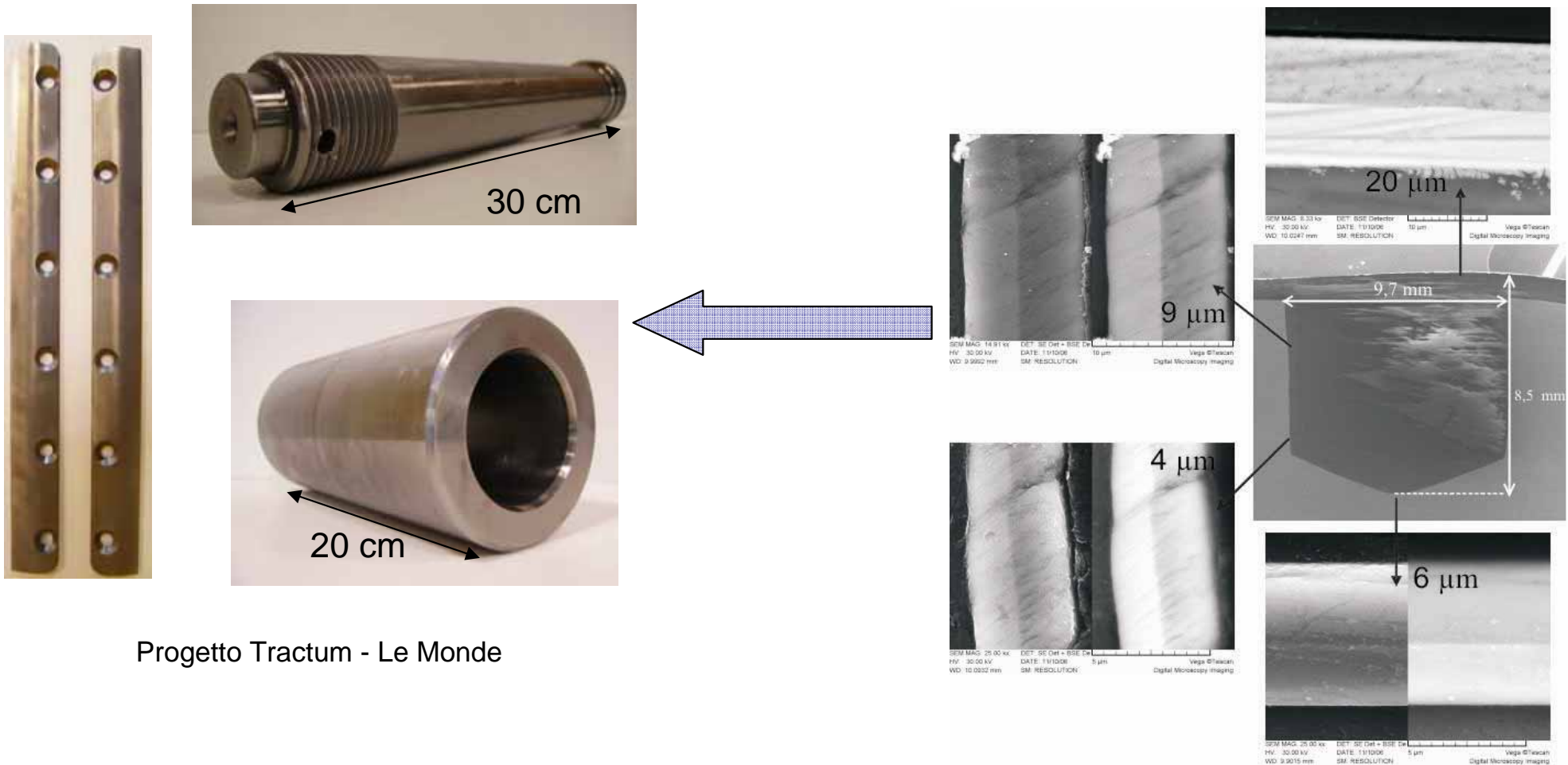
Novation



# Altri esempi applicativi in Civen

Ottimizzazione del CrN per utensileria e componentistica meccanica

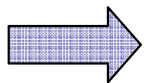
Caratterizzazione SEM del rivestimento nei differenti punti



Progetto Tractum - Le Monde

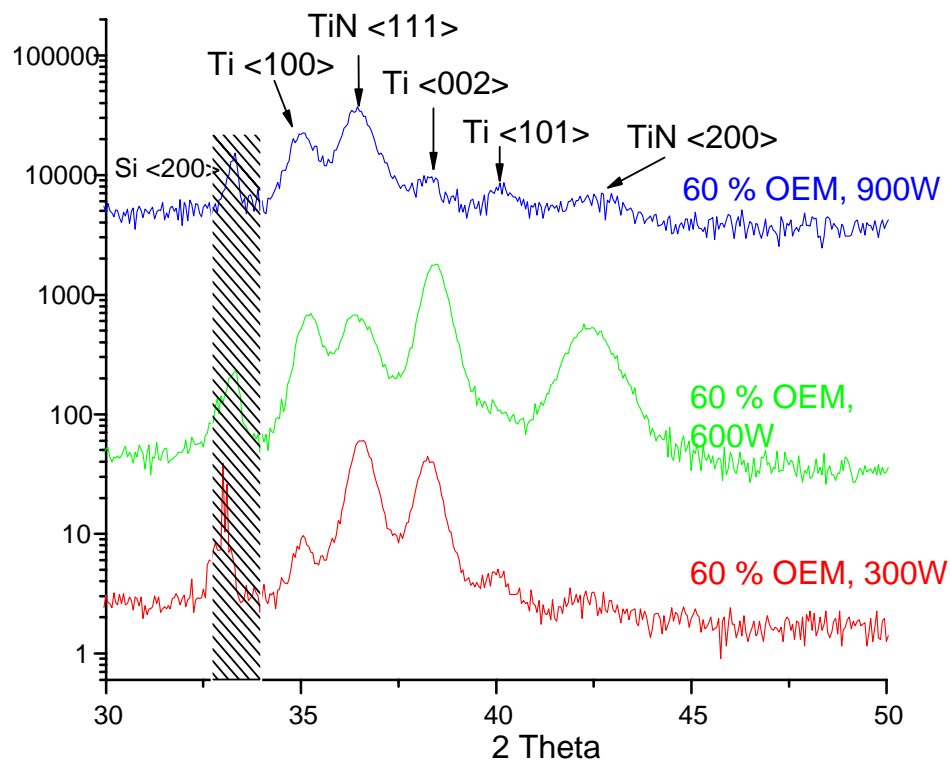
# Altri esempi applicativi in Civen

TiN

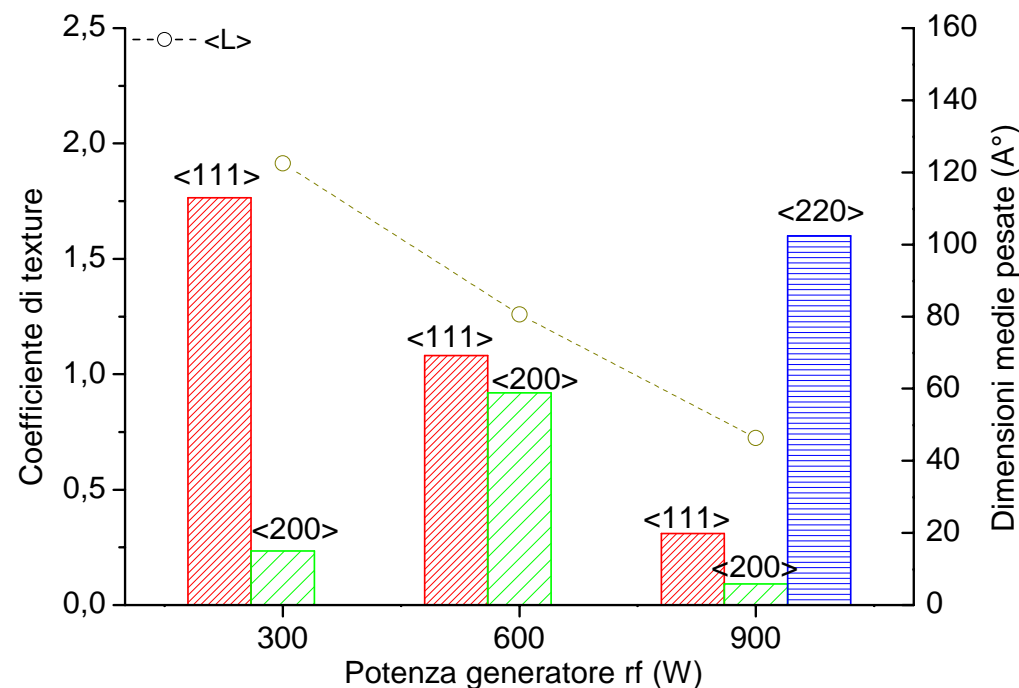


Elevata durezza meccanica: 2500-3000 HV

Studio delle fasi presenti tramite diffrazione X

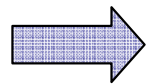


Andamento dei coefficienti di Texture e dimensioni dei grani cristallini

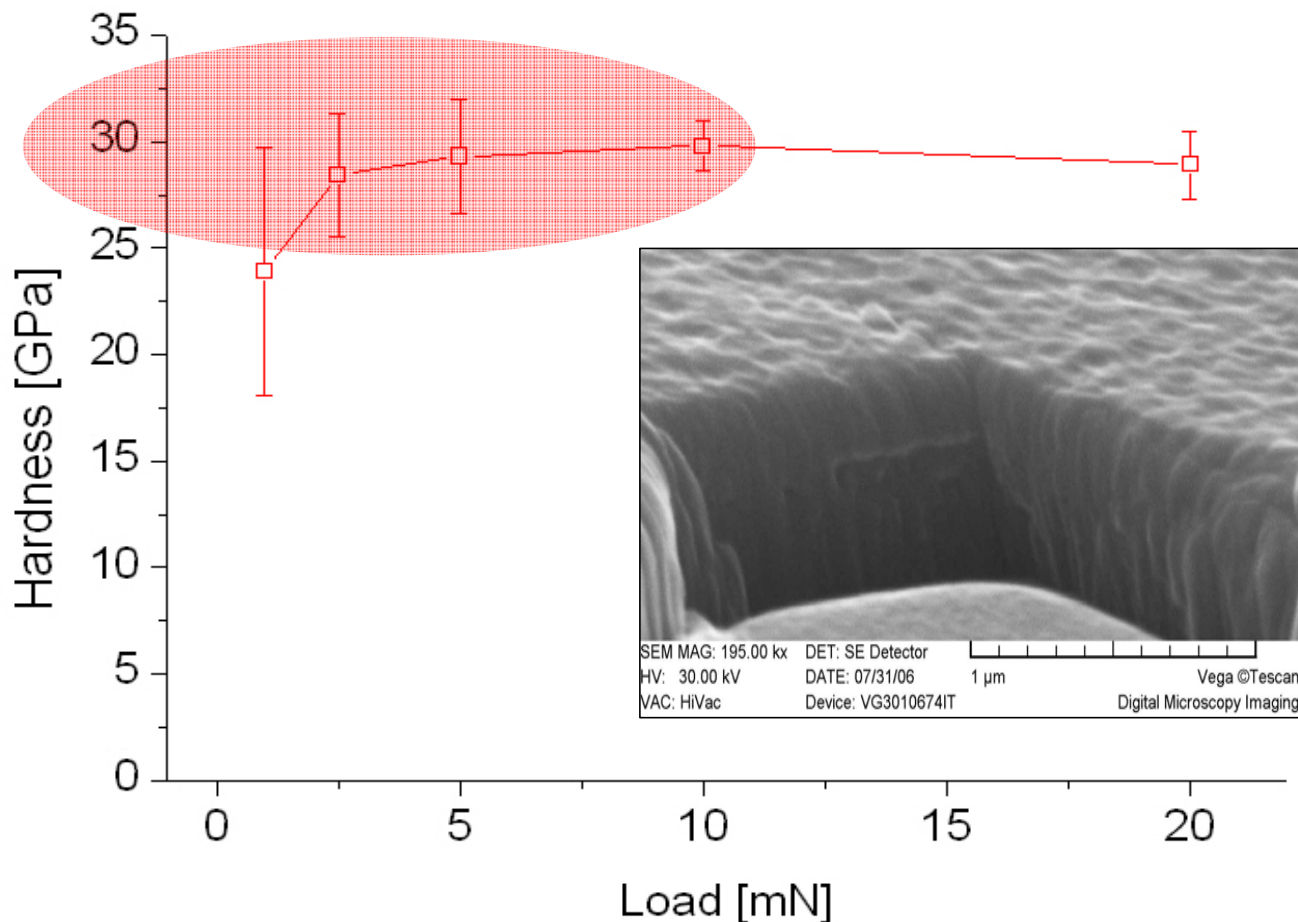


# Altri esempi applicativi in Civen

## TiN



Elevata durezza meccanica: 2500-3000 HV



DG-Technology Service S.r.l



Civen

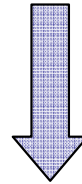
**Applicazioni:**  
Meccanica  
Meccatronica  
Rivestimento utensili  
Stampaggio di  
materie plastiche

# Altri esempi applicativi in Civen

TiN

Durezza: 2000 HV

Customizzazione del rivestimento



Effetto decorativo ed elevata flessibilità



Civen

Studio dei parametri di processo al fine di ottenere un rivestimento duro ma flessibile



Applicazioni:

Ambito decorativo

Oreficeria

Altre applicazioni

Il rivestimento rimane adeso al substrato anche a seguito di piegatura

# PVD (magnetron sputtering): Esempi

Linea di ricerca su rivestimenti innovativi

L'introduzione di Al e Y all'interno del CrN

CrAlYN

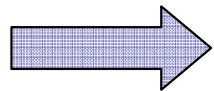


Siemens

- Elevata durezza e resistenza all'ossidazione anche a temperature elevate ( $> 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ )



La formazione di ossidi misti superficiali di Al e Cr riducono la diffusione dell'ossigeno all'interno del film<sup>[1]</sup>



L'incorporazione di Ittrio (Y) all'interno del rivestimento incrementa la resistenza all'ossidazione: migliora l'adesione e riduce le dimensioni dei grani degli ossidi, ritarda l'ossidazione del Al<sup>[2]</sup>



[1] C. Harish, Barshilia, and N. Selvakumar, Surface and Coatings Technology, 2006. **201**: p. 2193-2201.

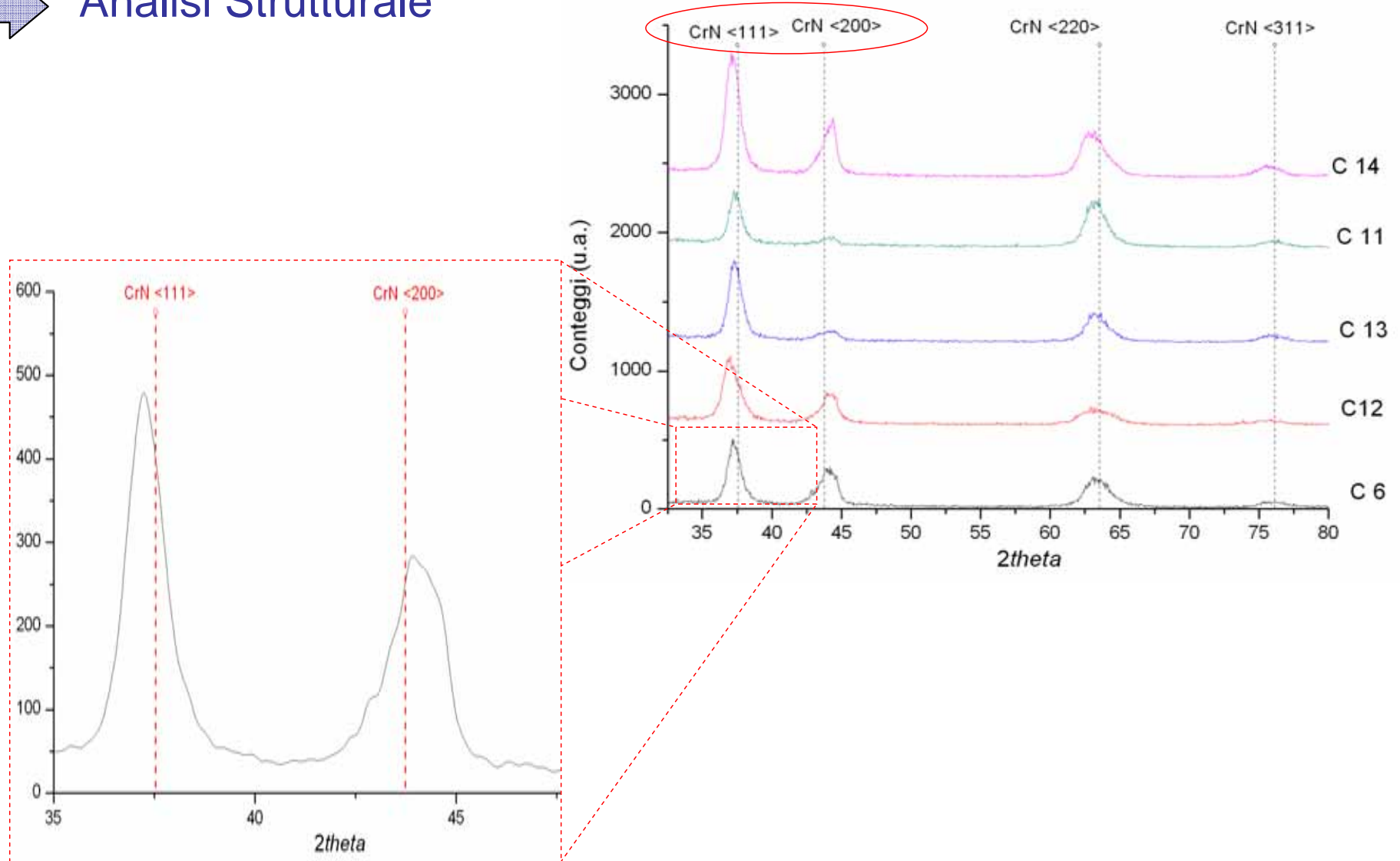
[2] F. Rovere et. al, Surface and Coatings Technology, 2008. 202: p. 5870-5875.

# PVD (magnetron sputtering): CrAlYN



Analisi Strutturale

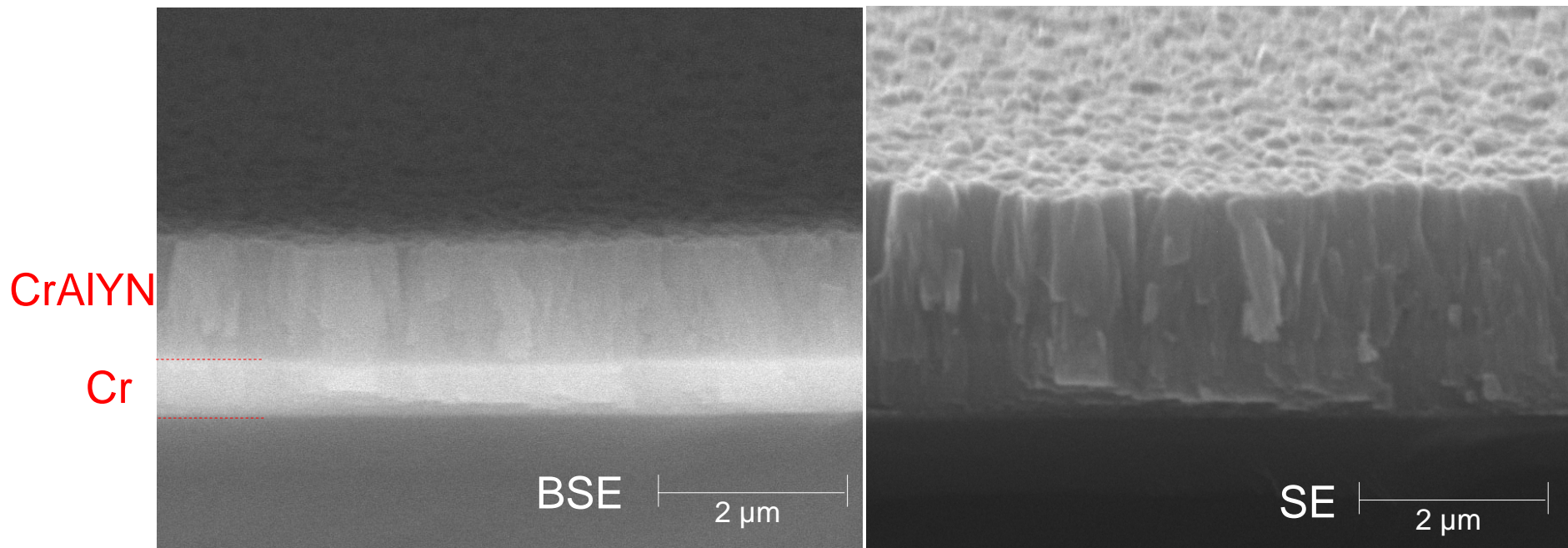
Diffrazione XRD



# PVD (magnetron sputtering): CrAlYN

➔ Analisi Morfologica

Micrografie SEM in sezione

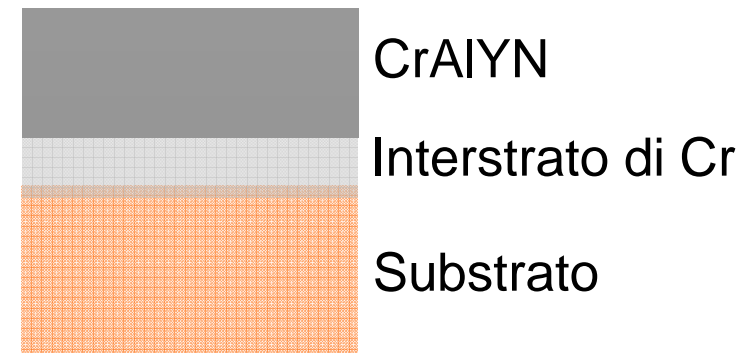
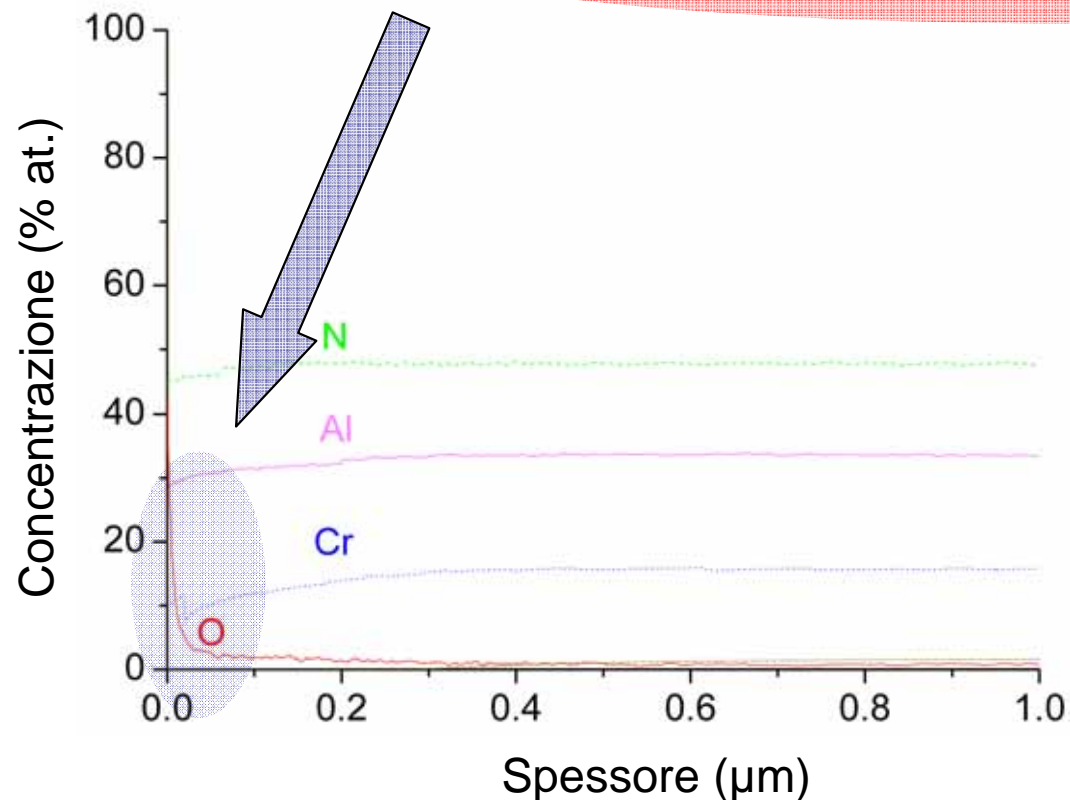


# PVD (magnetron sputtering): CrAlYN

➔ Test di resistenza all'ossidazione

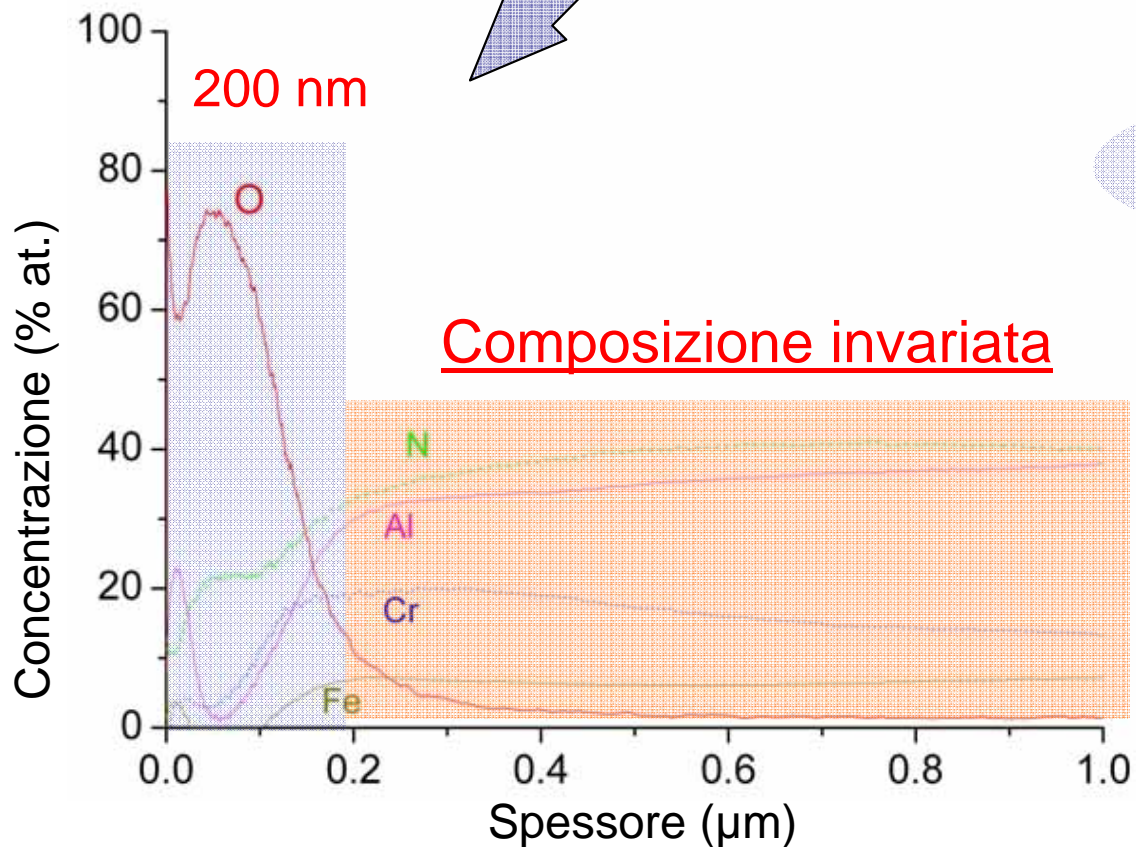
Trattamenti termici a 900, 1000, per 3h in atmosfera ossidante

Composizione del rivestimento non trattato

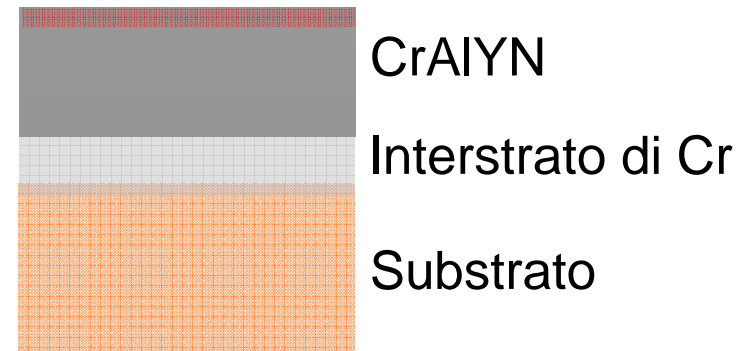


# PVD (magnetron sputtering): CrAlYN

Trattamento a 900°C per 3h



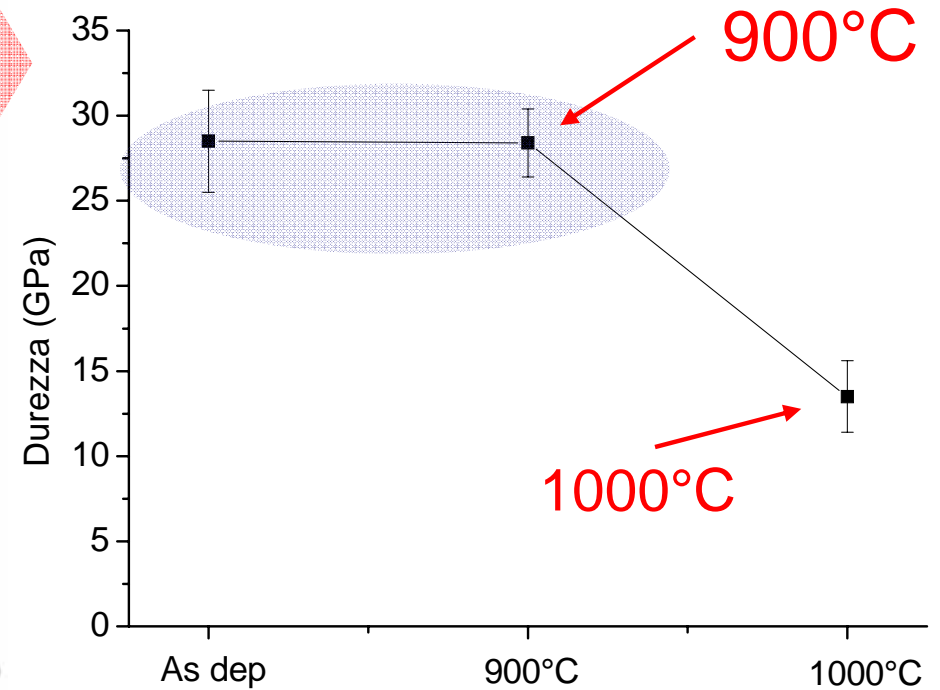
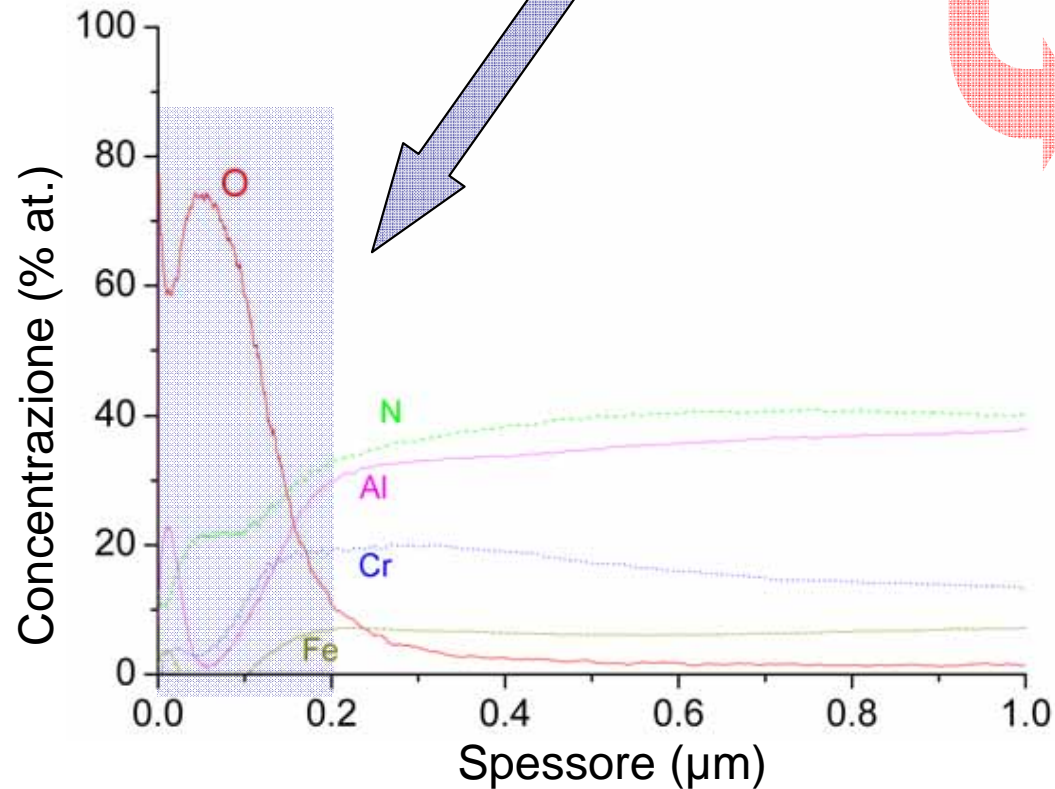
Formazione di uno strato sottile di ossidi misti di Cr e Al



# PVD (magnetron sputtering): CrAlYN

Trattamento a 900°C per 3h

Durezza in funzione del trattamento termico



Le proprietà meccaniche vengono mantenute anche a seguito di un trattamento termico a 900°C in una atmosfera ossidante

# Conclusioni

- Deposizione di rivestimenti sottili per materiali metallici
  - ✓ Sistemi autolubrificanti
  - ✓ Sistemi ad elevata durezza
  - ✓ Sistemi protettivi per l'ossidazione anche alle alte temperature
  
- Collaborare con aziende nella soluzione di problemi specifici mettendo a disposizione le attrezzature e le conoscenze dei ricercatori

# Ringraziamenti

---

- **Regione del Veneto**



REGIONE DEL VENETO

- Prof. Martucci, Università degli Studi di Padova

Ed i colleghi che hanno collaborato in questa attività

**Alessandro Patelli**

**Simone Vezzù**

**Colasuonno Marino**

