



Marco Pisco



Andrea Cusano



Sara Spaziani

Gruppo di ricerca CNOS/Cerict



Claudia Florio

Coordinatore Tecnico-Scientifico
del Dipartimento di Biotecnologie
Conciarie SSIP

Nanotecnologie e Fotonica: tecnologie abilitanti per il controllo di processo e di prodotto conciario

L'impegno progressivamente crescente dei produttori del comparto conciario nel garantire lo sviluppo di soluzioni sempre più sostenibili e circolari, coerentemente con gli obiettivi del PNRR, e particolarmente in tema di transizione ecologica, ha determinato un sostanziale cambiamento del modus operandi dei tecnologi di settore, favorendo la produzione di una molteplicità di articoli con caratteristiche tecniche significativamente differenti da quelle degli articoli realizzati con processi tradizionali.

A tale scenario di complessità che caratterizza le recenti produzioni conciarie, si aggiunge la necessità di garantire, la sussistenza delle caratteristiche di qualità e performance dei cuoi sia sul piano tecnico-prestazionale sia di caratteristiche merceologiche e di gradevolezza sensoriale; tali fabbisogni impongono l'impiego di soluzioni tecnologiche sempre più sfidanti, al fine di preservare il primato del cuoio, quale materiale di punta di settori strategici per i mercati nazionali e mondiali.

A questa esigenza rispondono in maniera promettente specifici approcci diagnostici innovativi basati su tecnologie abilitanti

Nanotechnology and Photonics: Enabling technologies for process and product control in the tanning industry

The gradually increasing commitment of manufacturers in the tanning sector to ensure the development of increasingly sustainable and circular solutions in line with the goals of the NRRP, and particularly in terms of ecological transition, has led to a substantial change in the modus operandi of the sector's technologists, favouring the production of multiple items with technical traits that are significantly different from items made using traditional processes.

In addition to this scenario of complexity that distinguishes recent tanning productions, there is the need to guarantee the quality and performance characteristics of leather in terms of technical performance as well as product traits and sensory pleasantness. These requirements impose the use of increasingly challenging technological solutions in order to preserve the primacy of leather as a leading material in strategic sectors for domestic and international markets.

Specific innovative diagnostic approaches based on advanced enabling technologies, such as nanotechnology and photonics, for

avanzate, quali le Nanotecnologie e la Fotonica, per il controllo dei processi e dei prodotti. Tali tecnologie abilitanti sono il punto di forza del Centro Regionale Information Communication Technology (CeRICT), un organismo di ricerca di natura privata che, grazie al contributo dei propri ricercatori, progetta e realizza soluzioni innovative sia nell'ambito delle ICT che in svariati ambiti ad esso trasversali.

Il CeRICT ha lo scopo di fungere da ponte tra il mondo della ricerca e le realtà produttive del territorio, al fine di traslare le innovazioni tecnologiche verso il mondo industriale. Lavorando in sinergia con il mondo industriale e con prestigiosi enti pubblici di ricerca, il CeRICT è già riuscito a sviluppare applicazioni innovative, concretizzatesi in numerosi brevetti e nella generazione di numerose aziende Start-up e Spin off accademici, consentendo la realizzazione di nuovi prodotti industriali e trasferimenti tecnologici verso player industriali rilevanti (quali Leonardo, Hospital Consulting, Reglass ...) ed enti pubblici di ricerca (quali il CERN, INGV, ENEA, ...). Grazie alla sinergia tra fotonica e nanotecnologie, il CeRICT è riuscito a sviluppare numerosi strumenti di diagnostica e monitoraggio che trovano applicazioni in svariati settori: un sistema di misura multifunzionale, attualmente nel portafoglio prodotti di Hitachi Rail STS, per la diagnostica in linea ed in modo continuo della rete ferroviaria; la realizzazione di cilindri intelligenti per la stampa flessografica, per conto della azienda Reglass fornitrice del colosso tedesco 'Windmüller&Hölsher'; un sistema di misura delle vibrazioni wireless su un organo rotante per il miglioramento della qualità della stampa; installazione e integrazione di sensori ottici nella rete dell'Osservatorio Vesuviano per il monitoraggio geofisico e vulcanologico. Inoltre, il CeRICT negli ultimi anni si è dotato di un'importante infrastruttura di ricerca regionale (iscritta al PNIR), il Centro di Nanofotonica e Optoelettronica per

process and product control are promising responses to this need. These enabling technologies are the strength of the Regional Centre for Information Communication Technology (CeRICT), a private research organisation which, thanks to the contribution of its researchers, designs and implements innovative solutions in the field of ICT and in various universal areas.

CeRICT's aim is to act as a bridge between the world of research and the region's production companies in order to transfer technological innovations to the industrial world. Working in synergy with the industrial world and with prestigious public research bodies, CeRICT has already succeeded in developing innovative applications which have resulted in numerous patents and in creating numerous start-up companies and academic spin-offs, enabling the creation of new industrial products and technology transfers to major industrial players (such as Leonardo, Hospital Consulting, Reglass, etc.) and public research bodies (such as CERN, INGV, ENEA, etc.). Thanks to the synergy between photonics and nanotechnology, CeRICT has successfully developed numerous diagnostic and monitoring tools with applications in a variety of sectors: a multifunctional measuring system, currently in Hitachi Rail STS's product portfolio, for online and continuous railway network diagnostics; intelligent cylinders for flexographic printing, for Reglass, supplier to the German giant Windmüller & Hölsher; a wireless vibration measurement system on a rotating organ for improving printing quality; installation and integration of optical sensors in the Vesuvius Observatory network for geophysical and volcanological monitoring. Moreover, in recent years, CeRICT has set up an important regional research infrastructure (enrolled in the Italian National Research Infrastructure Plan), the Centre

la Salute dell'Uomo (CNOS), dall'elevato potenziale tecnologico e scientifico in grado di offrire servizi di eccellenza per il supporto allo sviluppo industriale utilizzando come tecnologie abilitanti le Nanotecnologie, la Fotonica e le Biotecnologie. Il CNOS, dotato di strumentazioni e impianti tecnologici unici in Italia, includendo laboratori di nanotecnologie, nanofotonica, biotecnologia, chimica, caratterizzazione e prototipazione, additive manufacturing, si candida come partner tecnologico per lo sviluppo di:

- approcci diagnostici avanzati da applicare nell'industria conciaria,
- piattaforme sensoristiche mono o multi-parametriche avanzate per il monitoraggio di parametri per il controllo di processo e di prodotto conciario,
- una nuova categoria di Smart Textile che preveda l'integrazione di piattaforme funzionali in fibra ottica direttamente nel cuoio e nei tessuti.

Nell'ambito dell'utilizzo di approcci diagnostici avanzati da applicare all'industria conciaria, il CeRICT dispone di un notevole know-how ed expertise in un settore di punta come la Spettroscopia Raman, una tecnica per analisi biochimiche e la classificazione "senza contatto" di campioni solidi o liquidi. La dotazione strumentale di ultima generazione del laboratorio di spettroscopia del CNOS consente di eseguire analisi Raman, Surface Enhanced Raman Spectroscopy e Tip Enhanced Raman Spectroscopy, per ottenere informazioni puntuali e mappe chimico-fisiche dei campioni. Nell'ambito dell'industria conciaria, il CeRICT propone l'utilizzo della spettroscopia Raman come tecnologia abilitante per l'analisi, il controllo qualità di processo e di prodotto, e la classificazione dei prodotti conciari. Studi preliminari, condotti in collaborazione con la Stazione Sperimentale per l'Industria delle Pelli e delle Materie concianti, hanno dimostrato che è possibile caratterizzare e distinguere le variazioni tra diversi campioni

for Nanophotonics and Optoelectronics for Human Health (CNOS), which has a high technological and scientific potential and is able to offer superior services to support industrial development using nanotechnologies, photonics and biotechnologies as enabling technologies. CNOS, which has equipment and technological facilities that are unique in Italy, including laboratories for nanotechnology, nano-photonics, biotechnology, chemistry, characterisation and prototyping, and additive manufacturing, is a candidate as a technology partner for developing:

- advanced diagnostic approaches with applications in the tanning industry,
- advanced single or multi-parameter sensor platforms for monitoring parameters for process and product control in the tanning industry,
- a new category of smart textile involving the integration of functional fibre-optic platforms directly into leather and textiles.

In the field of advanced diagnostic approaches with applications in the tanning industry, CeRICT has considerable know-how and expertise in a leading area such as Raman spectroscopy, a technique for biochemical analysis and contactless classification of solid or liquid samples. The latest-generation instrumentation in CNOS spectroscopy laboratory enables Raman, surface-enhanced Raman spectroscopy, and tip-enhanced Raman spectroscopy analyses to be carried out to obtain precise information and chemical and physical maps of the samples. Within the tanning industry, CeRICT proposes the use of Raman spectroscopy as an enabling technology for analysis, process and product quality control, and classification of tanning products. Preliminary studies, carried out in cooperation with the Italian National Leather Research Institute (SSIP) have shown that it is possible to characterise

in esame, ovvero la classificazione di alcuni intermedi di concia (e relativa individuazione degli effetti di singoli step di lavorazione) e l'analisi di componenti di prodotti costituiti da prodotti sintetici. Il successo di tale studio può essere ulteriormente potenziato grazie all'applicazione di differenti approcci di intelligenza artificiale, sviluppati e utilizzati in ambito medicale dal CeRICT, che consentono una visualizzazione grafica e una differenziazione immediata dei campioni rilevando differenze e identificando i cambiamenti spettrali (fingerprint).

Questa capacità di delineare una fine granularità dei fenotipi abilita uno studio pilota unico nel suo genere finalizzato alla creazione di un innovativo database con dati Raman ottenuti da materie prime del settore e da frammenti di cuoio sottoposti a differenti lavorazioni, creando nuovi checkpoints per i controlli di qualità di processo, dei semilavorati e dei prodotti finiti.

Il CeRICT, inoltre, può mettere a disposizione del comparto conciario la sua pluriennale expertise nello sviluppo di sistemi di monitoraggio avanzato, candidandosi a partner tecnologico ideale per una rivoluzione tecnologica del settore ("Comparto Conciario 4.0").

Infatti, il CeRICT è un riferimento internazionale per lo sviluppo di sistemi elettronici e fotonici, basati sulla tecnologia delle fibre ottiche integrate con materiali funzionali su scala nanometrica, per applicazioni al monitoraggio in situ e continuo di grandezze fisiche, chimiche e biologiche.

Il CNOS è da considerarsi tra i pionieri a livello mondiale nello sviluppo di piattaforme tecnologiche nano-bio-fotoniche innovative basate sulla tecnologia "Lab-On-Fiber", mediante la quale ha sviluppato sistemi diagnostici avanzati per applicazioni life science e ambientali, con particolare riferimento a piattaforme integrate per la rilevazione di inquinanti, temperatura, contenuto d'acqua, deformazioni, molecole

and distinguish variations between different test samples, i.e. the classification of certain tanning intermediates (and the identification of the effects of individual processing steps) and the analysis of components of synthetic products. The success of such a study can be further enhanced by applying different artificial intelligence approaches developed and used in the medical field by CeRICT which allow graphic visualisation and immediate differentiation of samples by detecting differences and identifying changes in the spectrum (fingerprinting).

This ability to delineate a fine granularity of phenotypes enables a unique pilot study aimed at creating an innovative database with Raman data obtained from raw materials in the sector and from leather fragments subjected to different processes, creating new checkpoints for quality control of processes, semi-finished and finished products.

CeRICT can also make its many years of expertise in the development of advanced monitoring systems available to the tanning sector, making it the ideal technology partner for a technological revolution in the sector (Tanning Sector 4.0). In fact, CeRICT is an international reference for developing electronic and photonic systems based on optical fibre technology integrated with functional materials at the nanometric scale, for applications in situ and continuous monitoring of physical, chemical and biological quantities. CNOS is one of the world's pioneers in developing innovative nano-bio-photonic technology platforms based on lab-on-fibre technology, through which it has developed advanced diagnostic systems for life science and environmental applications, with particular reference to integrated platforms for detecting pollutants, temperature, water content, deformation, biological molecules and cancer biomarkers.

biologiche e biomarcatori di patologie oncologiche.

I sensori in fibra ottica grazie agli innumerevoli vantaggi rispetto alla controparte elettronica (immunità all'interferenza elettromagnetica, elevata sensibilità, capacità di misure multi parametriche a singola piattaforma, livello di miniaturizzazione e di consumo energetico) si candidano come tecnologie abilitanti ideali per concepire stazioni di monitoraggio avanzate in grado di monitorare in tempo reale la qualità del processo, dei prodotti intermedi e finali del comparto conciario.

L'integrazione della tecnologia delle fibre ottiche con le più moderne tecniche di intelligenza artificiale potrebbe costituire un asset tecnologico fondamentale per trasformare l'attuale settore conciario in un vero e proprio "Comparto Conciario di Precisione" con un notevole miglioramento della qualità dei prodotti finiti, una sensibile ottimizzazione dei processi di produzione, una rilevante riduzione dei costi associati e una riduzione importante degli scarti di produzione; di particolare impatto può risultare, in tal senso, l'impiego di tale tecnologia per la prevenzione ed il monitoraggio dei difetti, oltre che per la gestione razionale delle risorse, idriche, energetiche e di prodotti chimici. Altre applicazioni potranno inoltre riguardare il monitoraggio in continuo di analiti di interesse eco-tossicologico, per la tracciabilità l'ottimizzazione ambientale dei processi e dei prodotti.

La versatilità delle fibre ottiche e l'expertise del CeRICT nell'integrazione di tali piattaforme in tessuti e materiali, potrebbe aprire ad uno scenario visionario che vede la trasformazione dei classici tessuti passivi in prodotti di abbigliamento Smart con funzioni diagnostiche e con dettagli tecnologici integrati volti ad impreziosire in modo elegante molti prodotti, dall'abbigliamento all'arredamento.

In conclusione, il CeRICT, avvalendosi di un team multidisciplinare si pone come

Fibre optic sensors have many advantages over their electronic counterparts (immunity to electromagnetic interference, high sensitivity, single-platform multi-parameter measurement capability, miniaturisation level and energy consumption), making them an ideal candidate as an enabling technology for designing advanced monitoring stations capable of monitoring the quality of the process, and intermediate and end products of the tanning industry in real time.

The integration of fibre-optic technology with the latest artificial intelligence techniques could be a fundamental technological asset for transforming the current tanning sector into a real precision tanning sector with a significant improvement in the quality of finished products, significant optimisation of production processes, a significant reduction in associated costs and a significant reduction in production waste. In this sense, the use of this technology for preventing and monitoring defects, as well as for the rational management of water, energy and chemical resources, could have a particular impact. Other applications may also include continuous monitoring of analytes of ecotoxicological interest for traceability and environmental optimisation of processes and products.

The versatility of fibre optics and CeRICT's expertise in integrating these platforms into fabrics and materials could open up a visionary scenario that sees the transformation of classic, passive fabrics into smart clothing products with diagnostic functions and integrated technological details designed to elegantly embellish many products, from clothing to furniture.

In conclusion, CeRICT, with its multi-disciplinary team, is a potential promoter of innovation in the field of nanotechnology and photonics, encouraging research

potenziale promotore dell'innovazione nel campo delle nanotecnologie e fotonica incentivando la ricerca di eccellenza esplorando frontiere innovative del sapere con particolare riguardo alla dimensione applicativa e al supporto di aziende conciarie attraverso "Service Tecnologico Dedicato".

excellence by exploring innovative frontiers of knowledge, with particular regard to the application possibilities and the support of tanning companies through a dedicated technology service.

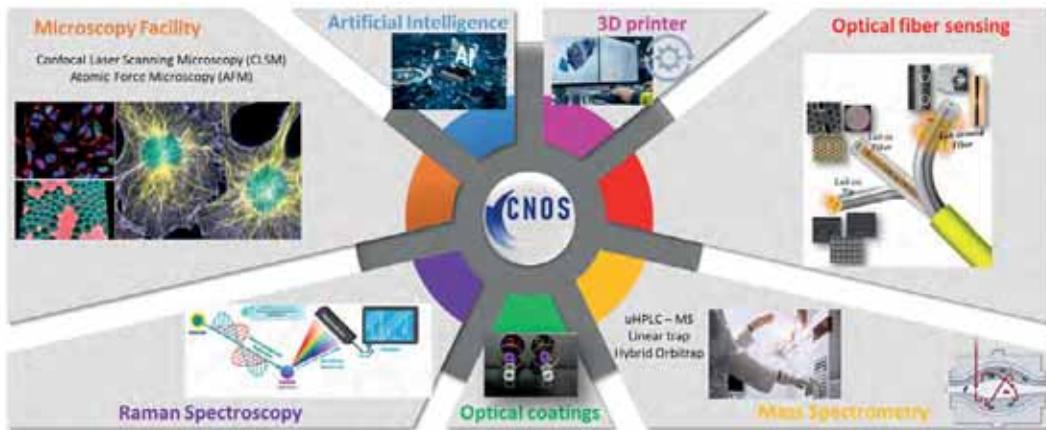


Figura 1 - Tecnologie abilitanti fondamentali del centro CNOS

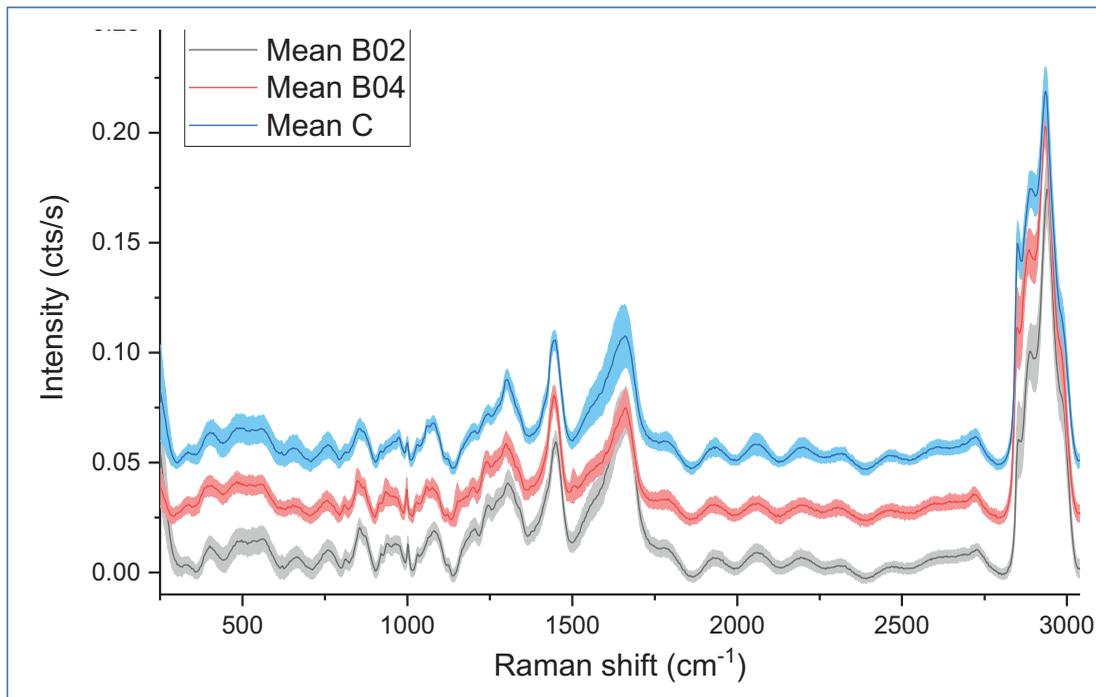


Figura 2 - Dati preliminari ottenuti mediante Spettroscopia Raman. Media degli spettri Raman acquisiti per analizzare tre intermedi di concia (laser 532nm, 30mW, tempo di integrazione 2 secondi 2 accumulazioni)