UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

FLORE
Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Generalità su irregolarità e difetti

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:
Generalità su irregolarità e difetti / Giacomo Goli;Rémy Marchal;Luca Uzielli. - In: XYLON. - ISSN 1125-7466. - STAMPA. - 10:(2003), pp. 72-81.

Availability:
This version is available at: 2158/831160 since: 2016-11-16T17:04:55Z

Terms of use:
Open Access
La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

12 October 2024

FINITURE SUPERFICIALI

GENERALITÀ SU IRREGOLARITÀ E DIFETTI

Al fine di discutere approfonditamente i problemi riguardanti le finiture superficiali è necessario fornire definizioni precise e dividere in maniera netta quelle reazioni che possono essere definite come difetti di lavorazione da quelle che non possono essere definite tali. Ogni lavorazione ha come conseguenza una riorganizzazione della superficie. La percettibilità del disordine causato dalla riorganizzazione della superficie dopo il taglio diventa la linea di demarcazione tra assenza di difetto, irregolarità appena percettibili e difetti di lavorazione.

INTRODUZIONE

Questo articolo è il primo di una serie, mirante ad illustrare i principali aspetti di una ricerca in corso di svolgimento, in collaborazione tra il DISTAF (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali) dell'Università degli Studi di Firenze e l'ENSAM (Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers) di Cluny (Francia).

Oltre che per i suoi innovativi contenuti tecnico-scientifici, che verranno delineati nel seguito di questa introduzione, questa ricerca è importante per il contesto nel quale si svolge:

- presso il DISTAF si svolgono vari insegnamenti universitari riguardanti il Legno, e le relative proprietà, trasformazioni, impieghi; insegnamenti che proseguono l'attività didattica e scientifica fondata in Italia soprattutto dal prof. Guglielmo Giordano, e che sono rivolti in parte agli Studenti del Corso di Laurea in Scienze Forestali e Ambientali, in parte a quelli del Corso di Laurea in Tecnologie del Legno;

- presso l'ENSAM opera un importante gruppo di Docenti e Ricercatori francesi, che integrano le loro conoscenze del legno con importanti attrezzature e laboratori specializzati per lo studio delle lavorazioni anche di altri materiali;

- la ricerca si svolge nell'ambito di un Dottorato (struttura che conferisce il titolo universitario di Dottore di Ricerca, conseguibile tramite un curriculum di tre anni dopo la laurea quinquennale); ed in particolare questo Dottorato è in co-tutela fra le due Università (una italiana ed una francese) cosicché, dopo la discussione della tesi, il titolo conseguito dal Dott. Giacomo Goli avrà valore a tutti gli effetti sia in Italia, sia in Francia.

Questa ricerca esamina i meccanismi di formazione e la qualità finale delle superfici di legno lavorate mediante asportazione di truciolo con utensili taglienti ruotanti; in particolare, vengono analizzate le relazioni fra la geometria del contatto fra legno e tagliente (espressa fondamentalmente dall'angolo fra fibratura del legno e traiettoria del tagliente), e la qualità della superficie che ne risulta (espressa mediante il tipo e l'entità dei cosiddetti "difetti di lavorazione").

Chiunque lavori il legno conosce bene le differenze tra "lavorare a filo dritto", "lavorare nel senso del filo" o "lavorare controfilo". Questi concetti, anche se estremamente importanti per il risultato finale, sono finora stati considerati a livello prevalentemente empirico, soprattutto dagli addetti alle lavorazioni. Questa ricerca mira invece ad impostare un approccio globale alla genesi, descrizione e misurazione della qualità delle superfici ottenute lavorando a differenti angoli rispetto alla fibratura del legno.

Questo tema finora è stato poco affrontato dai ricercatori e dagli operatori del settore, che hanno la tendenza a relegarlo fra le inevitabili conseguenze dei "difetti" del legno (più o meno evitabili, a seconda del materiale usato e dei risultati desiderati). La sempre maggior diffusione delle macchine a controllo numerico rende invece normale ed inevitabile affrontare la lavorazione del legno con angoli diversi, nell'ambito di una stessa passata; per ottimizzare i risultati delle lavorazioni eseguite con tali formidabili attrezzature, risulta sempre più necessario conoscere approfonditamente le relazioni fra legno ed utensile, ed i meccanismi di formazione delle superfici.

La ricerca si è svolta attraverso varie fasi. Anzitutto, prima di iniziare prove e misure sistematiche, sono state eseguite numerose prove preliminari, per prendere familiarità con i difetti, comprendere le loro relazioni con l'angolo della fibratura, sviluppare un adeguato lessico per la loro descrizione e classificazione; contemporaneamente sono stati sviluppati e verificati i metodi di misura. Sono poi state eseguite le prove vere e proprie, su due specie legnose (rovere e douglasia) aventi struttura anatomica e caratteristiche di lavorabilità assai diverse, facendo variare di 10° in 10° gradi l'angolo della fibratura, ed eseguendo la lavorazione sia in concordanza, sia in discordanza. Si è così ottenuta una casistica molto ampia sulle superfici ottenute lavorando "nel senso del filo", "controfilo", "in testa" ed a "filo dritto".

Per ogni superficie ottenuta è stata eseguita l'analisi visuale, l'analisi al microscopio elettronico a scansione, l'analisi del profilo e l'analisi delle forze di taglio. Tutto questo ha contribuito a chiarire le meccaniche di formazione dei difetti, ad ampliare i parametri utilizzabili per classificarli visualmente, ed a spiegare le dinamiche e le qualità attese lavorando a diversi angoli della fibratura. Si sta infine procedendo all'analisi dei trucioli derivanti dai diversi tipi di lavorazione.

Gli Autori (Dott. Giacomo Goli, Dottorando; Proff. Luca Uzielli e Rémy Marchal, Direttori di tesi e responsabili della co-tutela) in accordo con la Direzione della Rivista hanno ritenuto utile pubblicare questa serie di articoli, per informare gli Operatori del settore Legno, ed in particolare quelli che ne curano le lavorazioni meccaniche. Si tratta infatti di un contributo importante ed innovativo, che al tempo stesso tiene conto sia delle tecnologie di lavorazione sia delle caratteristiche del materiale, e che associa all'analisi tecnica quella anatomica, per una nuova interpretazione unitaria delle lavorazioni del legno, affrontate dal duplice punto di vista (biologico e meccanico al tempo setsso) della Scienza del Legno e della Meccanica delle lavorazioni.

di Luca Uzielli

INTRODUZIONE ALLE GENERALITÀ SU IRREGOLARITÀ E DIFETTI

Questo lavoro fa parte di una più ampia ricerca riguardante la qualità finale delle superfici lavorate e le loro meccaniche di formazione. Tale ricerca concerne lavorazioni di finitura eseguite a vari angoli della fibratura rispetto al piano di lavorazione, nel senso del filo e controfilo lavorando in concordanza ed in discordanza. Le superfici lavorate sono state sottoposte a diversi tipi di analisi: analisi delle forze di taglio, analisi del profilo, analisi macroscopica e microscopica, analisi delle meccaniche di formazione ed analisi dei trucioli ottenuti nella lavorazione. Questi aspetti caratterizzanti le superfici saranno presi in esame singolarmente. Lo scopo di questa pubblicazione é quello di fare chiarezza in campo terminologico dando le opportune definizioni degli stati delle superfici lavorate.

IRREGOLARITÀ

Il problema che ci poniamo in questo capitolo è la definizione e l'analisi di quelle che sono le irregolarità delle superfici lavorate.

Si definisce *irregolarità* di una superficie una qualsiasi difformità dal profilo delimitato della "superficie teorica".

Per rendere chiara questa definizione deve dunque essere esplicitato il concetto di "superficie teorica":

Si definisce *superficie teorica* la superficie descritta dal margine tagliente di un utensile durante il taglio.

Tale superficie non deve necessariamente essere piana, ma può essere anche di forma complessa, e le irregolarità su di essa presenti possono essere distinte in base al fatto che siano derivanti direttamente dalla struttura anatomica del materiale o dall'interazione tra questa e il tagliente durante la lavorazione. Le irregolarità si dividono quindi in:

- Irregolarità anatomiche
- Irregolarità di lavorazione

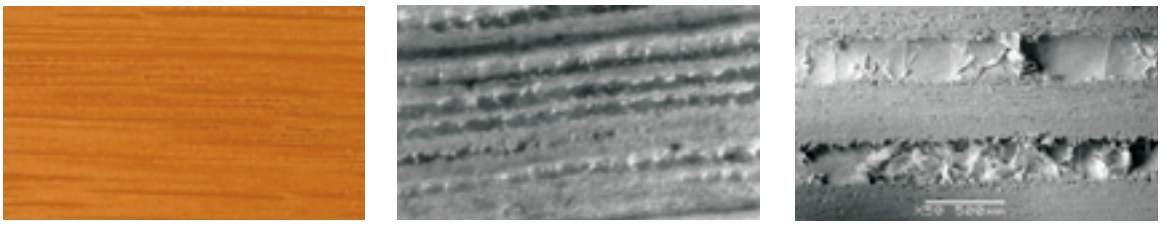
La scala su cui misurare l'importanza di queste "irregolarità" dovrà anzitutto essere calibrata. É importante infatti riferirsi ad entità quantificabili utilizzando una scala di misura. In questo caso l'organo principalmente deputato alla loro quantificazione é l'occhio umano, e su di esso deve quindi essere eseguita la calibrazione della scala di misura. Qualsiasi superficie risulterà infatti irregolare se osservata per mezzo di strumenti di ingrandimento. Fattore essenziale per poter analizzare le irregolarità risulta quindi essere la demarcazione di una frontiera oltre la quale le "irregolarità" rilevate risultino essere importanti. Tali irregolarità, in base alla loro visibilità si dividono quindi in:

- irregolarità chiaramente visibili
- irregolarità appena percettibili
- irregolarità non percettibili

Tra le irregolarità trattate quelle che maggiormente ci interessano sono quelle, conseguenti la lavorazione, che danno luogo a "difetti", cioè le irregolarità di lavorazione che siano chiaramente visibili. Le altre rappresentano stati delle superfici che generalmente non presentano problemi qualitativi importanti.

2.1 Irregolarità anatomiche

Queste irregolarità dipendono direttamente dalla struttura anatomica del pezzo, e la loro origine non è legata alla lavorazione effettuata. Rientrano quindi nel gruppo degli aspetti "estetico-anatomici" definiti in par. 4, in quanto particolarità caratterizzanti una specie. La loro dimensione è quindi secondaria per quanto riguarda la determinazione della qualità della superficie, perché facenti parti delle caratteristiche stesse della specie da cui l'aspetto finale della super-

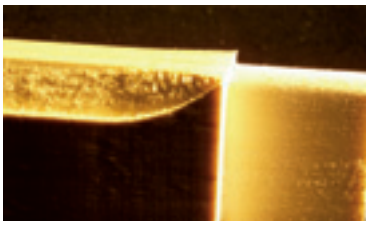


(a) Quercia 0° *(b) Quercia 0°* *(c) Quercia 0°*

FIGURA 1: Vasi grandi su un campione di quercia lavorato a filo dritto (0°); ripreso a basso ingrandimento (a), a medio ingrandimento (b) e ad elevato ingrandimento (c). [Foto Goli]

(a) Quercia -80°

(b) Douglasia -40°



(c) Pioppo

FIGURA 2: "Irregolarità di lavorazione chiaramente visibili", riprese a medio ingrandimento su quercia e douglasia, e a basso ingrandimento su un elemento profilato di pioppo. Il numero indica l'inclinazione della fibratura ed il "-" davanti indica che la lavorazione è stata eseguita controfilo. [Foto Goli]

ficie lavorata non può prescindere. Le "irregolarità anatomiche" possono essere di varie dimensioni: si pensi ai vasi nella quercia (ben visibili ad occhio nudo) o alle fibrotracheidi nella douglasia (visibili soltanto per mezzo di sistemi di ingrandimento). Le più importanti e visibili sono rappresentate da:

- vasi grandi
- canali resiniferi

I vasi grandi spesso rimangono ben visibili sulla superficie una volta eseguita la lavorazione, allo stesso modo dei canali resiniferi. Questi sono esempi chiaramente visibili di "pura anatomia" (vedi fig. 1). Alle "irregolarità anatomiche appena percettibili" e "non percettibili" appartengono tutti gli elementi anatomici meno netti o visibili soltanto ad alto ed altissimo ingrandimento che, vista la loro scarsa influenza sulla qualità della superficie finale, non saranno presi in considerazione in questa trattazione *(figura 1).*

2.2 Irregolarità di lavorazione

Le irregolarità di lavorazione invece non dipendono esclusivamente dal materiale, come le precedenti, ma direttamente dall'interazione tra questo e l'utensile. Il fatto che siano chiaramente visibili, appena percettibili o non percettibili le conferisce dunque un'importanza molto diversa. Le "irregolarità chiaramente visibili" rappresentano i "difetti di lavorazione", quelle "appena percettibili" rappresentano lo stato di transizione tra "difetto" e "assenza di difetto", e quelle "non percettibili" ad occhio nudo determinano l'"assenza di difetto".

2.2.1 Irregolarità di lavorazione chiaramente visibili

Le irregolarità di lavorazione che l'occhio umano può chiaramente osservare sono quelle che maggiormente ci interessano sia perché chiaramente visibili, sia perché derivanti da un processo che non ha come scopo la loro formazione. Tali irregolarità costituiscono il gruppo dei "difetti di lavorazione" (vedi fig. 2). Per la loro importanza fondamentale nell'ambito della qualità delle superfici lavorate saranno approfonditamente trattate in seguito *(figura 2),*

2.2.2 Irregolarità di lavorazione appena percettibili

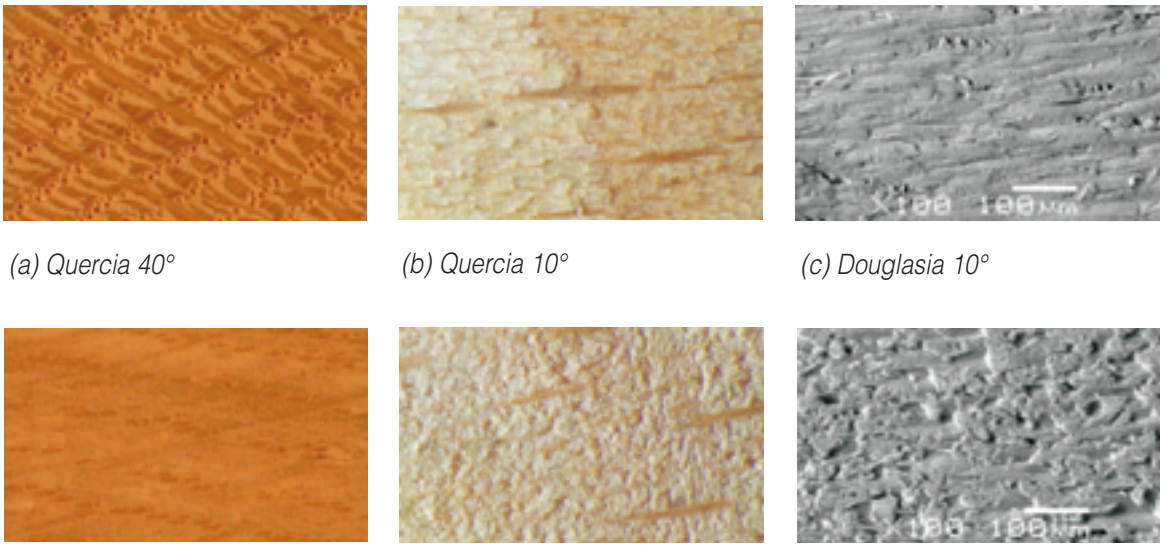
Tali "irregolarità appena percettibili", pur rappresentando uno scostamento dalla superficie teorica, come i "difetti di lavorazione", si distinguono da essi in quanto detto scostamento non è distintamente visibile ad occhio nudo (ad occhio nudo è appena percettibile), ma osservabile chiaramente soltanto tramite un sistema di ingrandimento. Le fondamentali manifestazioni di tale fenomeno sono:

- effetto lucido
- effetto opaco

L'*"effetto lucido"* e l'*"effetto opaco"* rappresentano la frontiera tra difetto e non difetto. Sono la manifestazione di meccaniche che se più intense porterebbero all'origine di difetti, ma che, per via della loro scarsa intensità, risultano in fenomeni appena percettibili ad occhio nudo. L'effetto lucido deriva da una compressione trasversale delle fibre che caratterizza le lavorazioni eseguite nel senso del filo, mentre l'effetto opaco si forma per sollevamento delle stesse e loro successiva compressione sulla superficie in direzione opposta a quella iniziale *(figura 3).*

2.2.3 Irregolarità di lavorazione non percettibili

Piccole imprecisioni di taglio di singoli elementi non percettibili ad occhio nudo rappresentano comunque un lascito della lavora-



(a) Quercia 40° (b) Quercia 10° (c) Douglasia 10°

(d) Quercia -20° (e) Quercia -10° (f) Douglasia -10°

FIGURA 3: Effetto lucido (a,b,c) ed effetto opaco (d,e,f) su quercia e douglasia; ripreso a basso ingrandimento (a, d), a medio ingrandimento (b, e) e ad elevato ingrandimento (c, f). [Foto Goli]

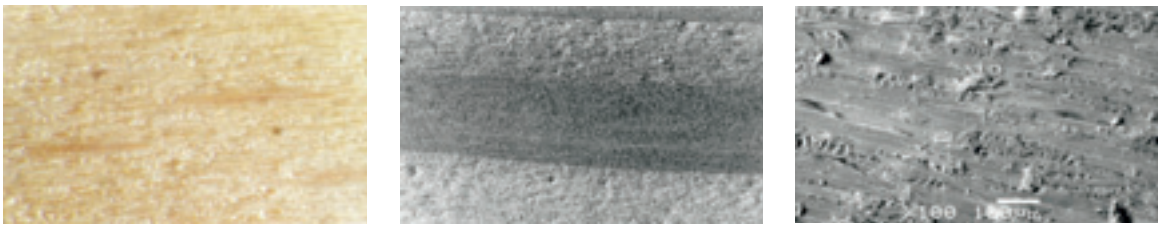
zione. Tali irregolarità anche se derivanti dalla lavorazione, sono di secondaria importanza, ed in quanto non visibili non possono essere considerate difetti di lavorazione (vedi fig. 4). Questo aspetto delle lavorazioni fa parte della situazione descritta come "assenza di difetti" che sarà analizzata assieme alle "particolarità estetico anatomiche" *(figura 4)*.

DIFETTI DI LAVORAZIONE

Per descrivere adeguatamente i difetti che si manifestano sulle superfici a seguito di lavorazione di finitura per mezzo di utensile rotante è necessario anzitutto riportare quella che in lingua italiana è la definizione di difetto:

Difetto è mancata compiutezza, sufficienza o efficienza di qualcosa, mancanza, carenza, scarsità. Elemento concreto che diminuisca il pregio di un oggetto.

In questa definizione potenzialmente possono rientrare molte delle caratteristiche del legno, tra cui anche alcuni fattori anatomici o estetici se indesiderati. Quello che per noi è realmente importante è una famiglia della grande classe dei difetti del legno, che sono i "difetti di lavorazione".

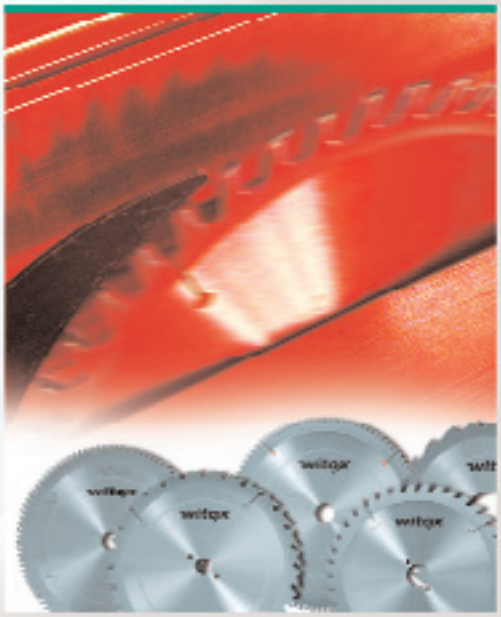


(a) Faggio 0° (b) Douglasia 0° (c) Douglasia 0°

FIGURA 4: Irregolarità di lavorazione non percettibili rilevate su faggio e douglasia; riprese a medio (a, b) e ad elevato ingrandimento (c). [Foto Goli]

witox

WOODWORKING TOOLS



Utensili professionali per la lavorazione del legno e derivati

WITOX srl- Strada della Selvagrossa - 61100 Pesaro ItalyTel. 0721/200129 r.a.
Telefax 0721/200153 - E-mail:witox@abanet.it - http://www.witox.com

Si definiscono *difetti di lavorazione* tutti gli scostamenti da una superficie teorica, direttamente derivanti dalla lavorazione, chiaramente distinguibili dall'occhio umano e che non siano pura struttura anatomica.

In altre parole utilizzando le definizioni date nel paragrafo precedente:

Si definiscono *difetti di lavorazione* le "irregolarità di lavorazione chiaramente visibili ad occhio nudo".

I "difetti di lavorazione" possono essere sistematizzati secondo due linee interpretative fondamentali:

- Interpretazione "qualitativa"
- Interpretazione "meccanica"

L'interpretazione qualitativa determina differenti difetti in base al loro aspetto e per ognuno di essi differenti gradi di intensità, mentre l'interpretazione meccanica tenta di dare un'interpretazione di tipo meccanico ai diversi stati delle superfici, analizzando le modalità di interazione tra utensile e fibratura.

I difetti possono inoltre essere distinti secondo alcuni principi generali ed astratti in:

- Evitabili e inevitabili
- Gradabili e non gradabili
- Diffusi e specifici

Lo scopo di queste distinzioni non é quello di creare una ulteriore classificazione, ma di disporre di altri ausili per poterli descrivere in maniera più completa.

Difetti evitabili e inevitabili: é molto difficile definire l'evitabile e l'inevitabile nei confronti di un problema relativo. In generale si può affermare che un difetto debba essere considerato inevitabile se dopo una lavorazione eseguita allo stato dell'arte e alle condizioni intrinseche del pezzo il difetto si manifesti ugualmente. I difetti "evitabili" sono in generale causati da errori o incompetenza da parte dell'operatore nell'impostazione dei parametri di lavorazione (rotazioni per minuto dell'utensile, scelta di un avanzo per dente sbagliato, etc.). I difetti "inevitabili" sono generalmente legati alle caratteristiche del materiale (ad esempio, la variazione della qualità finale in funzione della direzione della fibratura se si deve fresare un cerchio nel legno massello).

Difetti gradabili e non gradabili: questa importante distinzione si basa sul grado di intensità dei difetti. Quando per una stesa tipologia di difetto sono riconoscibili diversi gradi di intensità il difetto si dice allora "gradabile" (lo standard ASTM D1666-1998 per la classificazione visuale definisce ad esempio diversi difetti e per ognuno di essi 5 gradi di intensità). Difetti per cui non è possibile fare distinzioni di intensità, sono da considerarsi "non gradabili". Per tali difetti ci si limita quindi a rilevarne la presenza o l'assenza su una superficie.

Difetti diffusi e specifici: alcuni difetti possono essere definiti "diffusi", perché interessano diffusamente più specie o più condizioni di lavoro, e altri "specifici", perché si presentano esclusivamente per certe specie o lavorando in determinate condizioni.

ASSENZA DI DIFETTI ED ASPETTI ESTETICO-ANATOMICI

La scelta di definire l'"assenza di difetti" dopo aver definito i difetti può sembrare strana o insensata, ma è necessaria per determinarne la "non presenza". L'*assenza di difetti* nelle lavorazioni di finitura superficiale, come visto nella definizione data, è caratterizzata dall'assenza di irregolarità di lavorazione distintamente visibili ad occhio nudo sulla superficie lavorata. Non è detto che tali irregolarità non siano presenti: semplice-

(a) Faggio 0°

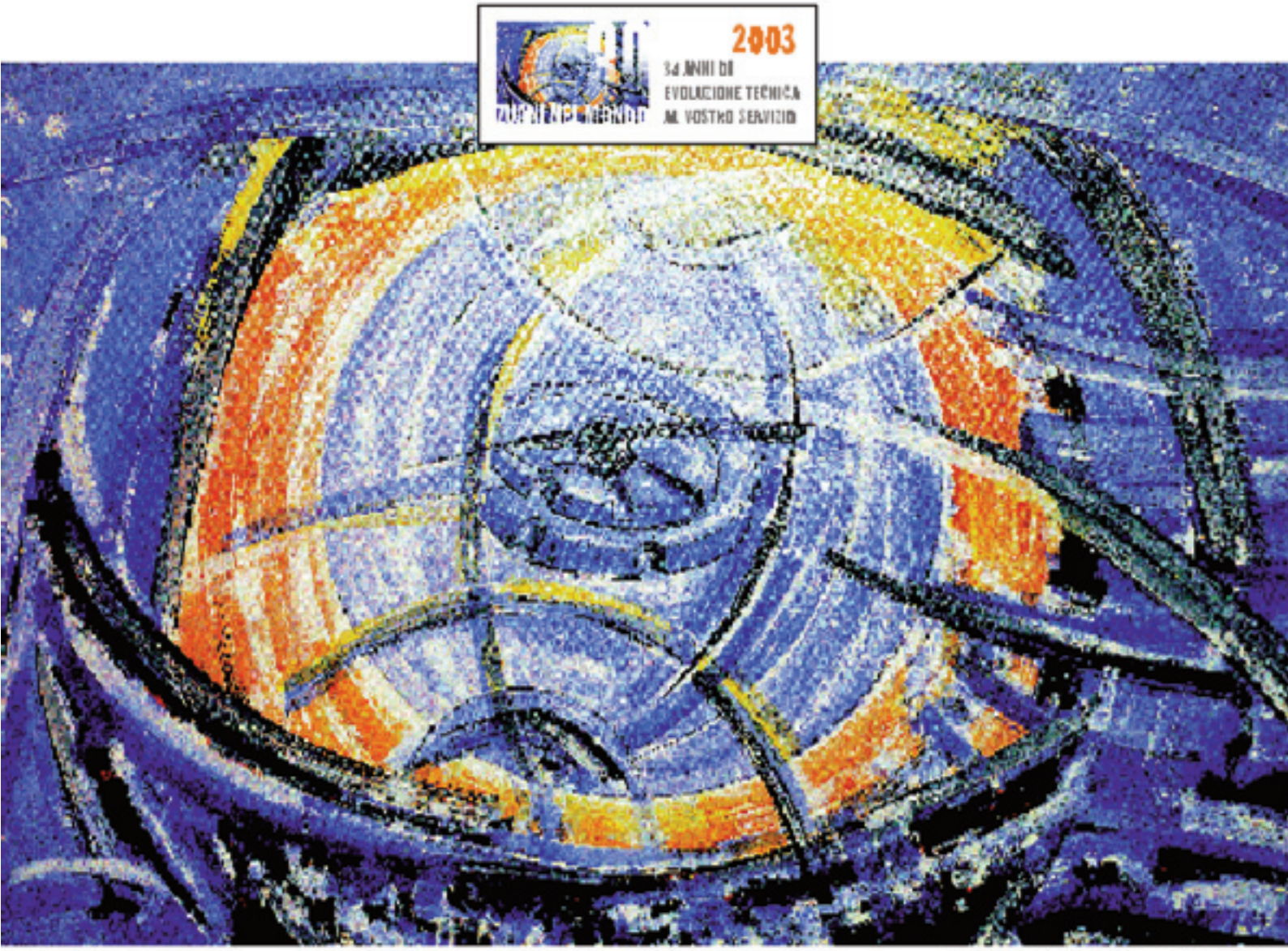
(b) Douglasia 0°

(c) Quercia 20°

FIGURA 5: "Assenza di difetti" ed "aspetti estetico-anatomici" ripresi a basso ingrandimento. [Foto Goli]

Per costruire serramenti in legno
certificabili CE

CREATIVITÀ ZUANI



... è facile animare un'idea

newform CE

l'Evoluzione continua...

scoprila
visitando . zuani.it

ZUANI

Date Voce al Vostro Business

Ufficio Stampa
Pubbliche Relazioni
Documentazione Tecnica
Siti Internet
Traduzioni

tandem s.r.l.

Press Office
Public Relations
Technical Documentation
Web Sites
Translations

Let Your Business Speak

Tandem S.r.l.
Tel. +39 02 27080807 - Fax +39 02 25707154
info@tandemsrl.it - www.tandemsrl.it

BIBLIOGRAFIA

Stefano Petrocchi; Prove di lavorabilità e di abrasione degli utensili su alcune specie legnose; Tesi di Laurea in Scienze Forestali, Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Agraria, anno accademico 1983-84.

Goli G., Bléron L., Marchal R., Uzielli L., Negri M.; Surface formation and quality, in shapeing wood at various grain angles. Initial results with douglas-fir and oak; Proceedings of the IUFRO Symposium: Wood Structure and Properties 2002 - Zvolen(SK) September 1-3rd 2002.

Negri M., Goli G.; Qualità delle superfici lavorate del legno di Abete rosso e di Douglasia valutata con una opportuna classificazione visuale; Legno Cellulosa e Carta, VI, n° 1, pag. 10-21.

Stewart H. A.; Effect of cutting direction with respect to grain angle on the quality of machined surface, tool components, and cutting friction coefficient, Forest Product Journal 3 (1969), pag. 43-46.

mente non sono visibili oppure sono "appena percettibili" oppure se sono visibili sono pura struttura anatomica *(figura 5)*.

Le superfici senza difetti possono comunque presentare diversità estetiche legate a diversità di tipo anatomico. Si definiscono quindi *"aspetti estetico-anatomici"* quegli aspetti dipendenti da fattori anatomici che creano particolarità estetiche anziché irregolarità superficiali. Sono importanti perché da essi dipende l'aspetto che la superficie verrà ad assumere una volta eseguita la lavorazione. Di seguito se ne elencano i principali:

- aspetti da variazione di densità: la differente densità tra legno primaverile ed estivo è fonte di grande diversità estetica tra le specie
- aspetti da sezione lavorata: la sezione lavorata influisce sul disegno finale del legno (effetto fiammato, rigato etc.)
- aspetti da raggi parenchimatici: nelle specie in cui esistono, essi conferiscono un diverso aspetto alle superfici ("slumacature" nella quercia e "marezzature" nell'acero)
- aspetti da variazione di colore: si pensi alla differenza tra alburno e durame

Tali aspetti possono potenzialmente rappresentare un "difetto" nel momento in cui risultino indesiderati, ma non potranno mai rappresentare un "difetto di lavorazione" (vedi fig. 5).

[1] Giacomo Goli ,
[2] Rémy Marchal , [3] Luca Uzielli

[1] Giacomo Goli: dottorando al terzo anno presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali dell'Università degli Studi di Firenze e L'Ecole Nationale Supérieur d'Arts et Métiers di Cluny (France). e-mail: giacomo.goli@poste.it
[2] Rémy Marchal: Professeur des Universités presso L'Ecole Nationale Supérieur d'Arts et Métiers di Cluny (France). e-mail: remy.marchal@cluny.ensam.fr
[3] Luca Uzielli: professore ordinario di Tecnologia del Legno presso l'Università degli Studi di Firenze. Luca e-mail: luca.uzielli@unifi.it

OMAS
Oltre la Qualità
c'è solo
l'Esperienza
OMAS s.r.l.
Via B. Cellini, 45
60019 Senigallia - AN / ITALY
Tel. 071/7920718 - 7920730
Fax 071/7920718
E-mail : info@omastools.com
http://www.omastools.com
EN 847-1