

Approccio olistico alla selezione dei materiali nel settore industriale professionale

Agnese Piselli

Politecnico di Milano

Dipartimento di Design

Milano, Italy

agnese.piselli@polimi.it

Abstract ITA — Nel processo progettuale, la selezione dei materiali rappresenta uno tra i fattori determinanti il successo di un prodotto sul mercato, permettendo di valutare preventivamente l'impatto e le prestazioni di ciascun componente del prodotto lungo l'intero ciclo di vita. La ricerca, in collaborazione con il Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta" ed Electrolux Professional S.p.A., è applicata al settore delle apparecchiature per la ristorazione e per le lavanderie professionali, e prevede lo sviluppo di un metodo di selezione flessibile alle esigenze di ingegneri e designer, capace di valutare le proprietà quantitative e qualitative dei materiali. Il nuovo metodo si pone l'obiettivo di superare i limiti degli attuali processi di selezione, correlando le proprietà tecniche dei materiali con le proprietà sensoriali (visive, tattili e uditive). L'analisi dell'interazione tra utente e prodotto, permetterà di evidenziare quali aspetti sensoriali sono coinvolti nella user-experience con il materiale e come essi influenzino la percezione di qualità del prodotto.

Abstract ENG — Materials selection heavily influences the product success on the market and represents one of the factors that contribute in pre-evaluating the performance and impact of each component during the life cycle of the product. The research, in collaboration with the Chemistry, Material and Chemical Engineering Department "Giulio Natta" and Electrolux Professional S.p.A., is applied to the field of professional food processing and laundry appliances and has the aim to develop a versatile materials selection method that could help engineers and designers in evaluating quantitative and qualitative properties of materials. The innovative method wants to overcome the limits of the selection methods currently applied in the field, correlating materials technical properties with the sensorial ones (visual, tactile and auditory). The evaluation of user-interaction aspects with the products would highlight which sensorial properties are involved in the user-experience with the materials the components are made of, and how they influence the quality perception of the product.

1. Introduzione

In ambito industriale, il processo di selezione dei materiali (*materials selection*) è parte integrante dell'attività di progettazione di un artefatto. La scelta di materiali e tecnologie di produzione contribuisce largamente all'innovazione di prodotto, permettendo di valutare preventivamente le prestazioni di un componente e il suo impatto nel processo produttivo, e di realizzare prodotti vicini alle esigenze del cliente.

La ricerca in oggetto, nata da una collaborazione tra il Politecnico di Milano (Dipartimento di Design e Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta") ed Electrolux Professional S.p.A (I&T - Innovation & Technologies), è applicata allo specifico contesto delle apparecchiature per la ristorazione e le lavanderie professionali, e ha come obiettivo lo sviluppo di un metodo di selezione flessibile all'utilizzo da parte di diverse figure professionali. Il nuovo metodo dovrà essere in grado di valutare la soluzione materica più adatta per ciascun componente, contemplando le necessità delle diverse aree funzionali che partecipano alla realizzazione del manufatto: la progettazione (proprietà tecniche, economiche, ecologiche e di processo), il design (proprietà sensoriali) e il marketing (percezione qualitativa).

Nella prima parte della ricerca, un'analisi bibliografica ha permesso di evidenziare, tra i diversi strumenti e metodi sviluppati negli ultimi quindici anni, i fattori e le proprietà più rilevanti da indagare nel processo di selezione dei materiali per prodotti professionali. Nella seconda parte, prendendo come riferimento il processo di selezione più comunemente utilizzato in ambito ingegneristico, sviluppato dal professor Ashby¹, è stata avanzata una prima struttura per il nuovo metodo, che propone alcune ipotesi per superare i limiti dei metodi di *materials selection* tradizionali. La terza parte del paper chiarisce gli obiettivi della ricerca. La sfida del nuovo metodo è la correlazione tra le proprietà tecniche dei materiali (analisi quantitativa) e la loro percezione sensoriale (analisi qualitativa), l'analisi sperimentale delle proprietà di durabilità dei materiali rispetto agli agenti chimici maggiormente a contatto (alimenti e detersivi), insieme alla verifica di come gli aspetti legati alla durabilità influiscano nella percezione qualitativa del prodotto.

2. Metodi di selezione dei materiali nella progettazione industriale

Ogni progettista, sia esso ingegnere o designer, nel valutare un materiale per una determinata applicazione ha a disposizione molteplici soluzioni materiche, ciascuna differente per proprietà tecniche (fisiche, meccaniche, ambientali, etc.) ed economiche. Un determinato materiale è scelto

¹ Per approfondire vedi Ashby (1992)

anche in base al design del componente e il processo di produzione adottato per realizzarlo². Inoltre, il progettista che affronta una selezione di materiali deve considerare anche le caratteristiche espressivo-sensoriali e il significato (*intangible meanings of materials*) attribuito a ciascun materiale in un determinato contesto, frutto dell'interazione tra utente e materiale³. Nel campo delle apparecchiature professionali, ad esempio, l'acciaio inossidabile si è quasi sempre imposto per le sue caratteristiche tecniche (resistenza meccanica e durabilità a corrosione, resistenza ad alte temperature, compatibilità con alimenti, etc.) e qualitative (alta percezione di qualità, associazione a concetto di robustezza, eleganza e pulizia). A livello di processo tale materiale è facilmente formabile in lamiera, ma laddove sono richieste elevate caratteristiche ergonomiche, diventa difficile poter realizzare componenti in acciaio inox ad un costo contenuto.

L'esempio evidenzia l'eterogeneità ed interdipendenza di fattori che sono presi in considerazione in una *materials selection* condotta nel contesto professionale. Il processo di selezione, quindi, è un processo articolato che tende ad assumere tale sequenza di fasi. I designer, già nella prima fase di concept, propongono la scelta di un materiale o una finitura estetica: questa è una tra le strategie più efficaci attraverso cui i designer generano associazioni e connessioni sensoriali, influenzando le modalità di interazione tra i prodotti e gli utenti⁴. In fase di ingegnerizzazione, invece, si analizzano diverse soluzioni indagando proprietà tecniche e di processo e, attraverso prove sperimentali di durabilità, si verifica la possibilità di utilizzo delle alternative nel contesto di applicazione. Infine, produzione e qualità validano le soluzioni scelte da progettisti e designer. Di conseguenza, la scelta di un materiale è un processo discontinuo che provoca dibattiti interni alle diverse aree funzionali di un'azienda (design, ricerca e sviluppo, produzione, qualità, ecc.) e causa spesso un allungamento dei tempi di scelta per raggiungere un compromesso tra le diverse alternative analizzate.

Anche in letteratura, l'approccio più comune nei metodi di selezione vede il progettista e l'ingegnere come figure distinte, a cui competono rispettivamente la scelta di proprietà estetiche ed emozionali legate al materiale, ed esigenze tecniche e di performance. In particolare, i metodi di selezione "tradizionali" sono stati progettati per essere utilizzati in ambito prevalentemente ingegneristico, al fine di valutare le proprietà funzionali dei materiali⁵. Altri strumenti sviluppati per guidare la selezione dei materiali in ambito ingegneristico sono software di selezione, come il Cambridge Engineering Selector (CES), e database online, oltre a manuali e riviste specializzate. Recentemente, alcuni metodi di selezione sono stati sviluppati per agevolare i designer nella valutazione delle proprietà qualitative dei materiali, come le proprietà sensoriali, le proprietà

² Piselli, Garbagnoli, Del Curto (2015)

³ Karana e Hekkert (2010)

⁴ Ashby e Johnson (2002)

⁵ Temi trattati in Ashby (1992), Budinski (1996), Farag (1997), Lindbeck (1995), Patton (1968)

intangibili e gli aspetti legati all'interazione tra utente e prodotto⁶. Tali metodi sono basati anche sull'utilizzo di campioni fisici di materiali attraverso la consultazione di materiotecche.

Da un'analisi critica dei metodi di *materials selection* utilizzati nel contesto industriale di riferimento e in letteratura, emerge la necessità di adottare un approccio integrato ed olistico, al fine di facilitare ingegneri e designer nella valutazione delle diverse proprietà di un materiale. Il ruolo del ricercatore in design è, dunque, quello di strutturare il nuovo metodo di selezione, evidenziando i punti di forza di entrambi gli approcci, e di definire un linguaggio e degli strumenti comuni a designer e progettisti tecnici.

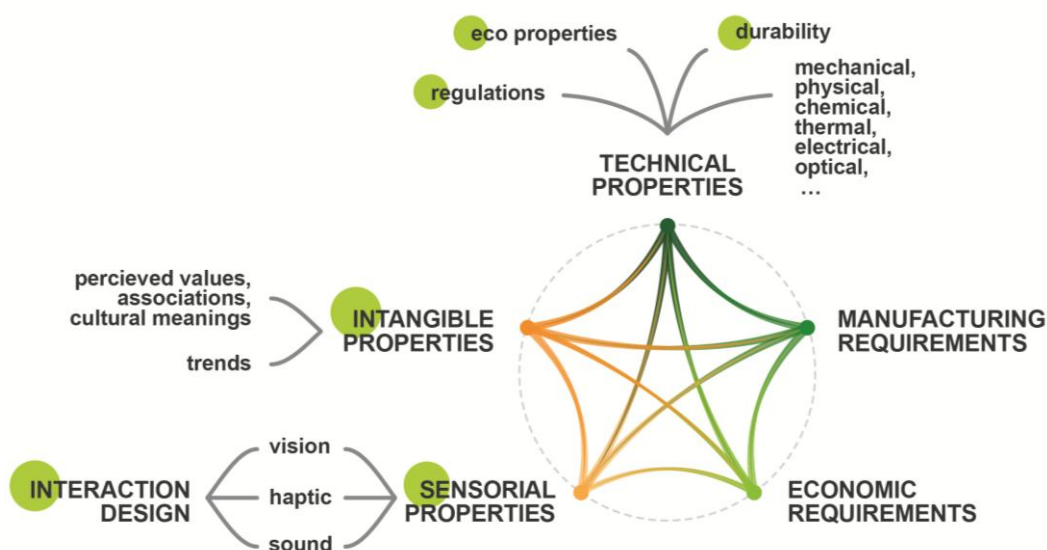


Fig. 1 – Approccio olistico alla selezione dei materiali

3. Approccio olistico alla selezione dei materiali per prodotti professionali

Le apparecchiature professionali, meno influenzate da logiche di produzione di massa e da fattori di costo associati rispetto agli elettrodomestici, sono caratterizzate da un uso intenso in condizioni operative critiche (es. alte temperature, agenti chimici aggressivi, cicli di utilizzo prolungati). Di conseguenza i prodotti per la ristorazione e le lavanderie professionali sono sviluppati per soddisfare le esigenze del cliente e per essere altamente performanti nel contesto di utilizzo.

L'obiettivo della ricerca è lo sviluppo di un metodo di selezione dei materiali flessibile alle esigenze del contesto produttivo di riferimento, in grado di combinare requisiti funzionali (caratteristiche tecniche e durabilità, proprietà economiche e di processo) ad altri vincoli di progettazione (proprietà sensoriali e aspetti legati alla *user-interaction*). Per confrontare diverse

⁶ Temi trattati in Ashby e Johnson (2002), Karana, Hekkert, Kandachar (2008), Manzini (1986), Van Kesteren, Stappers, De Bruijn (2007), Zuo (2010)

tipologie di materiali e tradurre le proprietà qualitative in un sistema quantitativo, l'obiettivo specifico di tale ricerca è delineare il profilo sensoriale univoco ed obiettivo dei materiali analizzati. Al fine di studiare la relazione tra le proprietà sensoriali (visivo-tattili) di un materiale e determinati attributi percettivi di un prodotto (es. qualità, robustezza), sono implementati due strumenti sperimentali, entrambi caratterizzati dal coinvolgimento di un panel di utenti: il “Napping® Test”⁷ ed i “Perceived Quality Tests”⁸.

3.1 Struttura del nuovo metodo

Il nuovo metodo, nato dall'integrazione di processi di selezione tradizionali e non-tradizionali, è organizzato in cinque fasi. A partire dal processo di selezione di Ashby⁹, il metodo propone l'inserimento di una fase preliminare di analisi del contesto di riferimento, e l'analisi di attributi quantitativi e qualitativi dei materiali nella fase di “traduzione dei requisiti” (Fig. 2).

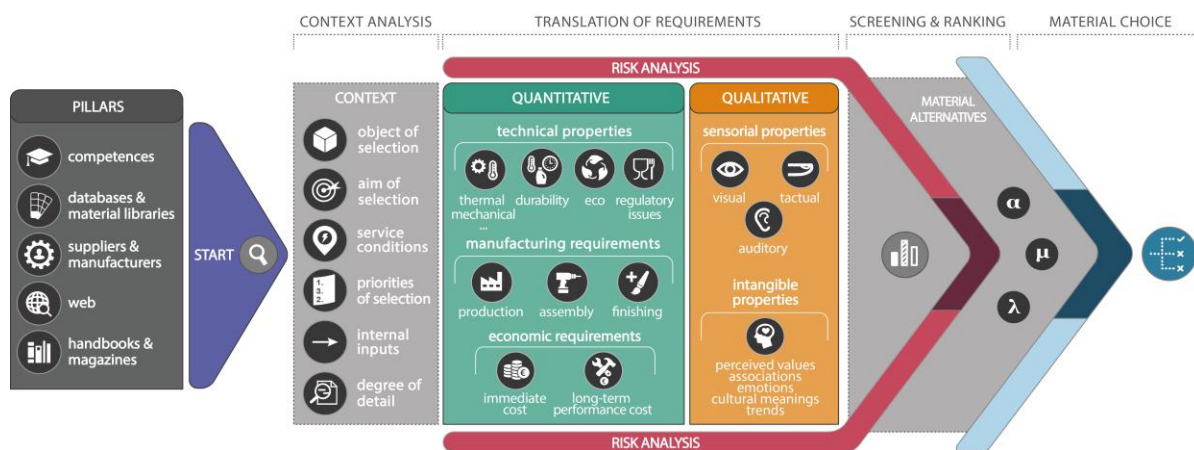


Fig. 2 – Struttura del nuovo approccio di selezione dei materiali

- Analisi del contesto (*context analysis*): lo strumento “Context Analysis datasheet” (Fig. 3) è stato elaborato al fine di sistematizzare, dare priorità alle proprietà da analizzare, e accelerare la prima fase del processo di selezione¹⁰. Tale strumento è stato testato in un’attività di *full immersion* condotta con gli studenti in Design & Engineering del Politecnico di Milano¹¹.

⁷ Faucheu, Caroli, Del Curto, Delafosse (2015)

⁸ Vedi Parizet, Guyader, Nosulenko (2008) e Vergara, Mondragón, Sancho-Bru, Company, Agost (2011)

⁹ Ashby (1992)

¹⁰ Il “Context Analysis datasheet” approfondisce, in sei aree di analisi, le caratteristiche del componente oggetto della selezione di materiali. Tali aree sono: l’oggetto della selezione, l’obiettivo della selezione (es. pre-studio di materiale, applicazione di nuovo materiale), le condizioni di servizio in cui opera il componente (es. esposizione a chimica, temperatura, necessità di contatto con alimenti), le priorità assegnate alle proprietà da indagare e il livello di dettaglio che la selezione deve raggiungere (es. alto – analisi proprietà sensoriali e durabilità, medio – analisi di proprietà sensoriali o durabilità, basso – no analisi proprietà sensoriali e/o durabilità) (Fig. 3).

¹¹ Per approfondire vedi Piselli, Simonato, Del Curto (2016)

Materials Selection - Context analysis datasheet

Subject: _____ Date: _____
 Required by: _____ Area: _____

1. Object of selection
 Component: _____
 Appliance: _____
 Material: _____
 Dimension: L _____ W _____ H _____ thickness _____
 Item: [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

2. Selection aim
 Material pre-study
 Material substitution/alternatives
 New material implementation
 Material development

3. Service conditions
 Mechanical conditions
 Thermal conditions
 Electrical properties
 Other conditions

4. Priorities of selection
 Technical properties (General, mechanical, thermo, electrical)
 Durability (Chemical, UV, abrasion)
 Processing properties

5. Internal inputs

6. Degree of detail
 Low (at least 2 material alternatives, 40% durability, 10% cost)
 Medium (at least 3 material alternatives, 50% durability, 20% cost)
 High (at least 4 material alternatives, 60% durability, 30% cost)

Fig. 3 – Processo di selezione dei materiali

- Traduzione dei requisiti (*translation*): seguendo il metodo sviluppato da Ashby, la funzione del componente, gli obiettivi di progettazione, i vincoli e le variabili libere vengono tradotti in proprietà limite.
- Ricerca alternative (*screening*): attribuzione dei limiti individuati (vincoli); i candidati che non soddisfano i vincoli vengono scartati.
- Classificazione (*ranking*): tra i materiali esaminati sono identificati quelli che presentano proprietà adeguate per raggiungere gli obiettivi. Una procedura per la valutazione del rischio associato ad ogni processo di selezione (*risk analysis*) è stata sviluppata per semplificare il processo di scelta del materiale per una specifica applicazione.
- Scelta (*choice*): le potenziali scelte identificate nella fase di *screening* sono organizzate in diversi scenari attribuendo delle funzioni peso¹² che permettono di suddividere le opzioni in una vera e propria classifica di materiali alternativi.

Il nuovo approccio, anche definito “*Materials Selection Driven Design (MSDD)*”, si propone non solo come metodo olistico di selezione dei materiali, ma anche come strumento di innovazione, capace di guidare il progettista (sia esso designer o progettista tecnico) nel design e redesign di prodotto¹³. Tradizionalmente la fase di selezione dei materiali è collocata a valle della generazione di diversi concept di prodotto. Il nuovo approccio, invece, se applicato fin dalle fasi iniziali di concept, facilita di progettazione di differenti alternative di prodotto, in termini di colori, finiture e materiali, attraverso l’applicazione di strumenti sperimentali di analisi delle proprietà sensoriali e di durabilità (es. agenti chimici e alimenti, temperature, etc.) dei materiali.

¹² Farag (1997)

¹³ Piselli, Simonato, Del Curto (2016)

3.2 Analisi delle proprietà sensoriali

La valutazione e l'integrazione delle proprietà sensoriali in un processo di selezione di materiali è molto complesso. Ciò è particolarmente evidente in alcuni studi sperimentali¹⁴, che hanno investigato possibili metodi di traduzione delle proprietà espressive sensoriali in valori numerici, cercando una correlazione con alcuni parametri fisici dei materiali (ad esempio, rugosità, conducibilità termica, durezza, modulo elastico, etc.). Tuttavia, per agevolare la valutazione delle proprietà sensoriali anche da parte di figure professionali non esperte, si è optato per l'integrazione dello strumento sperimentale del "Napping® Test"¹⁵. La metrologia sensoriale del Napping® permette di quantificare e classificare statisticamente le proprietà sensoriali associate a campioni fisici di materiali da parte di un panel di utenti. In collaborazione con il Dipartimento "G. Natta" del Politecnico di Milano, le proprietà sensoriali visivo-tattili dei materiali sono valutate anche dopo aver simulato il loro degrado per azione di agenti chimici impiegati nel settore professionale.

3.3 Analisi qualitativa dell'interazione utente-prodotto

L'interazione tra utente e prodotto influisce fortemente nella percezione qualitativa globale del manufatto. Durante il processo di selezione di un materiale per un determinato componente un progettista non è sempre in grado di identificare la percezione qualitativa che tale materiale conferirà al componente in cui verrà implementato. Prove sperimentali condotte con diverse tipologie di materiali a confronto, permettono di analizzare qualitativamente diverse soluzioni progettuali fin dalle prime fasi di progetto. Tra le diverse metodologie impiegate per valutare la percezione dell'utente nella fase di utilizzo del prodotto, i "Metodi Discriminanti Qualitativi" sono stati individuati come un'opportuna procedura di indagine per verificare la relazione di alcuni descrittori associati alla percezione di uno specifico prodotto o componente¹⁶.

Tab. 1 – Obiettivi, attività e output

Objectives	Activities
New Method of Selection	
<i>New Method setting</i>	[1] Structure of the method [2] Context Analysis tool [3] Durability properties evaluation [4] Material database
<i>Method validation</i>	Electrolux Professional materials selection case studies

¹⁴ Temi approfonditi in Barnes, Childs, Henson, Southee (2004), Passaro, Bidoret, Baron, Delafosse, Etteradossi (2015), Wastiels, Schifferstein, Heylighen, Wouters (2012)

¹⁵ Faucheu, Caroli, Del Curto, Delafosse (2015)

¹⁶ Vedi Parizet, Guyader, Nosulenko (2008) e Vergara, Mondragón, Sancho-Bru, Company, Agost (2011)

Sensorial properties evaluation	
<i>Quantification and integration of sensorial properties</i>	[1] Set up of the experimental activity (Napping® Test re-adaptation) [2] Material samples characterization [3] Sensorial tests with panel [4] Data elaboration and implementation in database
User-interaction analysis and quality perception	
<i>User-product interaction and materials intangible properties relationship</i>	[1] Experimental activity set up (<i>Perceived Quality Tests</i>) [2] Elaboration of the solution to test [3] Panel tests [4] Elaboration of the results

4. Conclusioni

La ricerca adotta un approccio basato sull'analisi di casi studio interni alla specifica realtà produttiva delle apparecchiature professionali per la ristorazione, per permettere lo sviluppo di diversi strumenti e metodi, direttamente validati con i futuri utenti. Un caso studio d'interesse per l'azienda è stato selezionato per testare e validare l'applicazione della metrologia sensoriale del Napping®, permettendo di classificare e determinare il profilo sensoriale (visivo-tattile) di alcuni materiali. Un altro caso studio è alla base della correlazione tra le proprietà tecniche dei materiali e la percezione qualitativa generata dal suono di apertura e chiusura di un'apparecchiatura professionale. I feedback degli utenti che partecipano ai test sperimentali, permettono di evidenziare i punti di forza e debolezza del metodo e degli strumenti sviluppati, definendo linee guida per operare *materials selection* all'interno del contesto produttivo di riferimento.

Bibliografia

- [1] M. F. ASHBY, *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1992
- [2] M. F. ASHBY, K. W. JOHNSON, *Materials and design: the art and science of material selection in product design*. Amsterdam, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2002
- [3] C. J. BARNES, T.H.C. CHILDS, B. HENSON, C.H. SOUTHEE, *Surface finish and touch - a case study in a new human factors tribology*. «Wear», Vol. 257, 2004, pp. 740-750
- [4] K. G. BUDINSKI, *Engineering Materials: Properties and Selection*. New Jersey, Prentice-Hall, 1996
- [5] M. M. FARAG, *Materials Selection for Engineering Design*. London, Practice-Hall, 1997
- [6] J. FAUCHEU, A. CAROLI, B. DEL CURTO, D. DELAFOSSE, *Experimental setup for visual and tactile evaluation of materials and products through Napping® procedure*. «Proceedings of the ICED2015 Conference» (Milan, March 2-4, 2015), Vol. 9, pp. 129-138

- [7] E. KARANA, P. HEKKERT, *User-material-product interrelationships in attributing meanings*. «International Journal of Design», 4(3), 2010, pp. 43-52
- [8] E. KARANA, P. HEKKERT, P. KANDACHAR, *Material Considerations in Product Design: A Survey on Crucial Material Aspects Used by Product Designers*. «Materials and Design», 29 (6), 2008, pp. 1081-1089
- [9] J.R. LINDBECK, *Product Design and Manufacture*. New Jersey, Simon & Schuster Company, 1995
- [10] E. MANZINI, *The Material of Invention: Materials and Design*. Milano, Arcadia Edizioni, 1986
- [11] E. PARIZET, E. GUYADER, V. NOSULENKO, *Analysis of car door closing sound quality*. «Applied Acoustics», Vol. 69, 2008, pp. 12–22
- [12] C. PASSARO, J.S. BIDORET, S. BARON, D. DELAFOSSE, O. ETERRADOSSI, *Gloss Evaluation and Prediction of Achromatic Low-Gloss Textured Surfaces From the Automotive Industry*. «COLOR Research and Application», Vol. 41, N. 2, 2015, pp. 154-164
- [13] W. J. PATTON, *Materials in industry*. New Jersey, Prentice-Hall, 1968
- [14] PISELLI, P. GARBAGNOLI, B. DEL CURTO B., *Innovative light shapes: an educational experience on materials and manufacturing technologies' selection tools*. «Proceedings of the INTED2015 Conference» (Madrid, March 2-4, 2015), pp. 3748-3758
- [15] PISELLI, M. SIMONATO, B. DEL CURTO, *Improving the Learning Process in Materials Selection: The Role of Context in Choosing Material Solutions*. «Proceedings of the INTED2016 Conference» (Valencia, March 7-9, 2016) [in press]
- [16] E. H. VAN KESTEREN, P. J. STAPPERS, J. C. M. DE BRUIJN, *Materials in Product Selection: Tools for including user-interaction in materials selection*. «International Journal of Design», 1 (3), 2007, pp. 41-55
- [17] M. VERGARA, S. MONDRAGÓN, J. L. SANCHO-BRU, P. COMPANY, M.-J. AGOST, *(Perception of products by progressive multisensory integration. A study on hammers*. «Applied Ergonomics», Vol. 42, 2011, pp. 652-664
- [18] L. WASTIELS, H. SCHIFFERSTEIN, A. HEYLIGHEN, I. WOUTERS, *Relating material experience to technical parameters: A case study on visual and tactile warmth perception of indoor wall materials*. «Building and Environment», Vol. 49, 2012, pp. 359-367
- [19] H. ZUO, *The selection of materials to match human sensory adaptation and aesthetic expectation in industrial design*. «METU JFA», 2 (27), 2010, pp. 301-319