



INAIL - Direzione Regionale Umbria

LA PRODUZIONE DI STOVIGLIERIA CERAMICA E CERAMICA ARTISTICA ORNAMENTALE IN UMBRIA



A CURA DI MARCO MECCHIA E FEDERICO RUSPOLINI
Consulenza Tecnica Accertamento *Rischi e Prevenzione*

PREFAZIONE

E' indiscusso il ruolo primario che la Prevenzione può giocare nella lotta agli infortuni sul lavoro, considerato che da qualche anno si è raggiunta quella soglia oltre la quale – con le sole misure di sicurezza - non si riesce a scendere.

Non a caso recentemente l'Istituto, attraverso il D.L. 38/2000, ha rivisitato la propria "mission", andando a chiudere quel cerchio di tutela per il cittadino e affiancando alla tradizionale funzione indennitaria, quella preventiva e riabilitativa.

Il passo successivo che ora ci attendiamo è rappresentato dalla piena "metabolizzazione" di tali concetti da parte di coloro che quotidianamente operano "in prima linea" nel mondo del lavoro e l'assunzione di comportamenti coerenti con queste logiche.

Questa "collana" - realizzata grazie all'aiuto della nostra Consulenza Tecnica per l'Accertamento dei Rischi – intende offrire una mappa dei rischi nei principali comparti produttivi umbri (a cominciare dalla ceramica), con la speranza di fornire un contributo verso la realizzazione di modelli di sicurezza più consoni ad un Paese evoluto come il nostro.

Il Direttore Regionale INAIL Umbria
Giacomo DI NEPI

LA PRODUZIONE DI STOVIGLIERIA CERAMICA E CERAMICA ARTISTICA ORNAMENTALE IN UMBRIA

1 LA CERAMICA ARTISTICA IN UMBRIA

1.1 Centri della produzione di ceramica

La produzione di ceramica artistica in Umbria ha una storia antica e ancora vivissima.

Nel territorio di Gubbio sono stati rinvenuti manufatti ceramici che risalgono al periodo neolitico (V millennio a.C.). In epoca etrusca, fra l'VIII e il III secolo a.C., ad Orvieto si approfondivano le tecniche ceramiche del mondo antico, rinnovandole e sperimentando nuove tecniche. A Deruta il primo documento che attesta la produzione di ceramica è datato 1290, mentre a Gualdo Tadino la prima notizia relativa ad una fornitura di ceramica risale al 1361 (www.ceramicheditalia.it).

Nel periodo medievale si producevano soprattutto oggetti d'uso comune (scodelle, boccali, catini, ...) in "maiolica arcaica", e decorazioni sacre.

Nel '500 l'industria ceramica in Umbria raggiunse il massimo splendore; nei principali centri ceramici (Deruta, Gubbio, Gualdo Tadino) comparve la tecnica del "lustro" e si sviluppò un importante movimento artistico e commerciale che si guadagnò rinomanza nel mondo. Nell'Ottocento la fama di Gualdo è legata alla nascita e allo sviluppo della "maiolica dei Rubboli".



Figura 1: centri di produzione della ceramica artistica in Umbria

Nel Novecento l'artigianato ceramico umbro ha subito dei periodi di crisi per rifiorire poi, con significativo successo commerciale, proponendo una produzione ispirata soprattutto alla tradizione ma che segue anche percorsi innovativi.

I principali centri della produzione di ceramica artistica in Umbria al presente sono Deruta, Gualdo Tadino, Gubbio e Orvieto (Fig. 1).

Con 158 imprese, quasi tutte artigiane e in netta prevalenza con meno di 20 addetti, Deruta è il maggiore comune ceramico dell'Umbria (Tab. 1). Ancora oggi l'artigianato di Deruta si identifica con la produzione di maioliche artistiche, infatti circa il 20% della popolazione attuale opera nelle imprese di ceramica artistica e l'abitato stesso può essere definito un "museo vivente" della produzione di ceramica artistica.

A Gualdo Tadino attualmente risultano presenti sul territorio 47 ditte; circa il 90% di queste produce oggetti d'uso, le restanti realizzano pavimenti e rivestimenti.

A Gubbio oggi sono attive 17 ditte, tutte artigiane e con meno di 20 addetti, operanti prevalentemente nel settore dell'artigianato artistico e tradizionale, con una produzione piuttosto varia di maioliche.

Nel territorio di Orvieto attualmente operano 14 ditte, tutte artigiane e con meno di 20 addetti.

Tabella 1: dati statistici sulle ditte ceramiche umbre (dal sito www.ceramicheditalia.it)

comune	imprese ceramica artistica e tradizionale *			imprese ceramica artistica sul totale regionale **	piccole imprese su totale ceramica artistica (da 0 a 19 addetti) **
	totale	artigiane	non artigiane		
Deruta	158	155	3	48,3%	89,9%
Gualdo Tadino	47	39	8	14,4%	87,2%
Gubbio	17	17	0	5,2%	100,0%
Orvieto	14	12	2	4,3%	100,0%

* Fonte: Infocamere – MOVIMPRESE

** Fonte: Elaborazione Istituto G. Tagliacarne

1.2 Tipi di prodotti ceramici

In base al tipo di prodotto, i manufatti ceramici possono essere suddivisi nei seguenti gruppi di appartenenza:

- a) ceramica ornamentale;
- b) stoviglieria e ceramica da tavola ad uso alimentare;
- c) piastrelle;
- d) ceramiche per uso sanitari ed affini.

La nostra ricerca è focalizzata sulla produzione della stoviglieria e ceramica da tavolo e della ceramica ornamentale (vasi, oggetti, statuine, ecc.), mentre è esclusa dallo studio l'analisi dei rischi nelle produzioni di piastrelle e sanitari.

I prodotti ceramici tradizionali sono costituiti da una pasta di cui l'argilla è la materia prima fondamentale, grazie alla sua plasticità che consente una agevole modellazione e all'azione di legante a freddo degli altri eventuali componenti. Dopo aver ricevuto una determinata forma, cioè plasmata allo stato umido, con la cottura la pasta acquisisce consistenza e resistenza meccanica.

Dal punto di vista della tipologia merceologica, i manufatti prodotti in ceramica vengono classificati, in conformità con le norme UNI, come porcellana, grès, terracotta comune, maiolica e terraglia.

La produzione più importante in Umbria è quella della maiolica (terraglia ordinaria), che viene prodotta con argilla comune, ferruginosa e calcarea, e dopo la cottura viene ricoperta da smalto opaco bianco o colorato. Con le argille usualmente impiegate nella produzione umbra, dopo la cottura il biscotto è di colore rosso. La presenza di carbonato

di calcio nella composizione chimica dell'argilla (fino al 20-30%) conferisce una elevata porosità (circa il 18%) al biscotto.

In Umbria è di minore importanza, ma comunque presente, la produzione di terraglia tenera, che parte da una pasta bianca costituita da argilla a basso contenuto di ossido di ferro, per evitare la colorazione della pasta, e da calcare o dolomia in elevata percentuale. Il biscotto, quindi, risulta bianco, un po' più poroso (in genere fra il 15 e il 23%) e di resistenza inferiore rispetto alle maioliche.

Nel territorio regionale si rileva anche una certa produzione di terraglia forte, nel cui impasto sono presenti argilla comune, caolino, quarzo e feldspato. Il biscotto è bianco, più compatto e meno poroso (10-15%) rispetto alle altre terraglie.

2. CICLO PRODUTTIVO

La fabbricazione delle ceramiche prevede un ciclo produttivo che nella maggior parte delle attività ombre, e in particolare per la lavorazione di argille che “cuociono rosso”, può essere schematizzato nelle seguenti fasi:

1. preparazione della pasta
2. formatura
3. rifinitura
4. essiccazione
5. cottura
6. smaltatura del biscotto
7. decorazione
8. vetrinatura
9. seconda cottura
10. immagazzinamento

Alcune fasi del ciclo sono talvolta eseguite da ditte terze, in particolare la preparazione della pasta e a volte la formatura e prima cottura.

2.1 Preparazione della pasta

Maiolica (terraglia ordinaria)

Le argille vengono estratte da cave a cielo aperto, normalmente da ditte terze, e trasferite alle ditte ceramiche, dove vengono immagazzinate al riparo dalle piogge, per periodi di tempo in genere molto lunghi. L'argilla, praticamente satura d'acqua durante l'estrazione, nel tempo perde umidità.

Il processo di preparazione dei pani di argilla inizia con il carico della macina che frantuma le “zolle” di argilla, quindi il materiale macinato viene immesso in una vasca con acqua e miscelato con agitatore elettrico. Successivamente, il fluido viene fatto passare attraverso un setaccio che elimina i granuli di dimensioni eccessive, quindi scaricato in una seconda vasca dove viene ulteriormente diluito, divenendo un liquido molto fluido. Il liquido argilloso viene poi pompato nella filtropressa, dove con azione meccanica viene espulsa l'acqua in eccesso, ottenendo dei “pani” di argilla che vengono quindi immagazzinati.

Poiché in Umbria la gran parte delle ditte è di piccole dimensioni (oltre il 90% ha meno di 20 addetti), sono ormai poche le ditte che eseguono questa fase del ciclo produttivo, preferendo l'acquisto dei pani di argilla già pronti da produttori specializzati.

Nelle ditte che eseguono anche questa parte del ciclo, se la produzione è quantitativamente limitata (ceramica ornamentale), l'argilla può essere lavorata anche solo un paio di volte l'anno, lasciando quindi stagionare i pani per alcuni mesi. Se la produzione è notevole (stoviglieria) la produzione dei pani può essere anche quotidiana.

In ogni caso, prima della formatura i pani di argilla vengono ripresi, e lavorati in una macchina impastatrice/degassatrice; qui il materiale viene spinto attraverso le palette dell'impastatrice e contemporaneamente viene aggiunto il giusto quantitativo d'acqua, poi la pasta viene completamente deaerata passando attraverso una camera a vuoto, per uscire infine trafilata in pani cilindrici ed essere tagliata in spezzoni tramite taglierina a filo.

Terraglia tenera

Questa fase del ciclo si differenzia dalla descrizione fornita per la preparazione della pasta per la maiolica a causa dell'impiego di breccia di dolomite (o calcare) come materia prima.

La breccia, movimentata con la pala meccanica, viene macinata in un mulino, nel quale viene poi aggiunta l'argilla. Durante la miscelazione delle materie prime viene aggiunta acqua, realizzando la barbotina (miscela molto fluida), che viene immagazzinata in una vasca chiusa, dove si completa l'omogenizzazione.

Terraglia forte

Per la produzione quantitativamente modesta trattata in Umbria, le ditte ceramiche acquistano i pani da ditte specializzate oppure la miscela di polvere di materie prime in sacchi, realizzando la pasta nell'opificio.

2.2 Formatura

Le ceramiche artistiche vengono formate quasi interamente partendo dai pani di argilla plastica, modellando il manufatto interamente a mano o con l'ausilio di stampi; in alternativa vengono impiegate presse meccaniche o torni-presse. Una piccola quantità di manufatti viene realizzata per colaggio di argilla fluida.

Formatura a mano

Nella industria tipica della ceramica artistica umbra la formatura viene realizzata interamente a mano, utilizzando il tornio per modellare (foto 1), a pedale o elettrico, che grazie alla rapida rotazione permette al formatore di modellare a mano vasi ed altri oggetti, facendo affidamento sull'abilità manuale acquisita in anni di esercizio.



Foto 1: foggatura manuale al tornio

Più raramente vengono impiegati stampi in gesso (parte esterna dell'oggetto) entro i quali viene spalmata la pasta argillosa (foto 2 e 3). Questa tecnica viene spesso usata per piccole parti da aggiungere, come i piedini dei vassoi. Se si deve foggare l'interno, generalmente si pone lo stampo sul tornio la cui rotazione permette ad una taglierina a leva opportunamente posizionata all'interno dello stampo di asportare la pasta in eccesso. Dopo un certo tempo lo stampo può essere rimosso.



Foto 2: stampo in gesso



Foto 3: l'oggetto ottenuto dallo stampo in gesso

Stampaggio con presse

Nelle presse idrauliche per ceramica sul basamento è posto lo stampo esterno in metallo (talvolta apribile), mentre la parte interna dello stampo è fissata su una slitta il cui movimento è prodotto da un dispositivo di comando meccanico o idraulico (foto 4). Alcune presse sono dotate di dispositivo di rifinitura dei bordi, che altrimenti deve essere effettuata successivamente a mano.



Foto 4: stampaggio con pressa

Compito dell'addetto, che opera sempre a mani bagnate, è di inserire un giusto quantitativo di pasta d'argilla nello stampo (bagnandone prima la superficie con un prodotto oleoso che ne facilita il successivo distacco), togliere il pezzo formato alla fine della pressatura e riporlo su un carrello. La produzione può essere molto variabile; a seconda della pressa utilizzata e dei pezzi da produrre possono orientativamente essere formati da una decina ad oltre 200 pezzi all'ora.

La produzione può anche essere interamente automatizzata a catena di montaggio, e in questo caso compito degli operatori è l'inserimento dei pani di pasta sulla macchina, la rimozione dei pezzi stampati, il posizionamento in linea di nuovi stampi, e il controllo di eventuali impedimenti alla macchina o alla linea di produzione. Con queste procedure operative si ottengono stoviglie di ceramica che possono essere definite "industriali".

Formatura per colaggio

Una sospensione densa di argilla viene colata in un corpo cavo (stampo, generalmente di gesso) che ha la forma esterna del pezzo da fabbricare ed è aperto superiormente. Il fluido colato entra in contatto con la superficie porosa dello stampo, perde l'acqua e si irrigidisce vicino alla superficie. Ripetendo più volte l'operazione di colaggio, a opportuni intervalli di tempo, lo strato indurito aumenta fino ad ottenere lo spessore voluto. Dopo un certo tempo lo stampo può quindi essere rimosso (foto 5).



Foto 5: colaggio dell'argilla negli stampi



Foto 6: spugnatura

2.3 Rifinitura, spugnatura e applicazione particolari

La fase di creazione e modellazione necessita di una successiva rifinitura per eliminare le sbavature dai bordi (foto 7), operazione eseguita poco dopo la formatura, affinché il pezzo non perda umidità, e l'applicazione di una spugna inzuppata d'acqua sul corpo dell'oggetto (foto 6).



Foto 7: lavoro di rifinitura



Foto 8: applicazione manici

La postazione di lavoro è generalmente costituita da un banco e da un tornio rotante, sul quale l'operatore appoggia il manufatto crudo da rifinire. Il rifinitore, che opera sempre a mani bagnate, inumidisce il pezzo e quindi con i "ferri di rifinitura" (raschietto) rimuove le sbavature.

La creazione degli oggetti ceramici molto spesso richiede un'ultima fase, che consiste nell'applicazione dei particolari che non possono essere formati precedentemente, come i manici delle tazze (foto 8) e i piedini dei vassoi. Alcuni di questi particolari possono essere realizzati a mano libera o per stampaggio; i manici vengono generalmente realizzati con spezzoni cilindrici di pasta estrusi da una apposita trafilatura, manuale o automatica. Anche in questo caso la postazione di lavoro prevede un banco e un piatto sul quale posare il pezzo, e la lavorazione avviene a mani bagnate. L'operazione richiede molta abilità, poiché richiede la giusta sensibilità per apprezzare il grado di umidità dei materiali da collegare.

2.4 Essiccazione

I pezzi formati, rifiniti e spugnati vengono posti ad essiccare. L'essiccazione può avvenire al sole o in locali chiusi; in questo caso il tempo di essiccazione varia a seconda delle dimensioni dell'oggetto, della stagione, del luogo di essiccazione, e normalmente è compreso fra 3-4 giorni per i pezzi più piccoli e una quindicina di giorni per i pezzi di dimensioni più grandi.

Per ridurre i tempi di essiccazione il materiale crudo può essere posto in essiccatoio; questo generalmente viene scaldato con bruciatori a gas metano, tenendo la temperatura a circa 40°C. In questo caso una giornata può essere sufficiente per asciugare adeguatamente il materiale. L'essiccazione può anche avvenire nel locale forni, sfruttando quindi il calore prodotto da questi.

2.5 Cottura

Temperature di cottura

La maiolica viene cotta a circa 950-980°C per realizzare il biscotto. Dopo l'applicazione dello smalto, la decorazione e l'applicazione della vetrina, viene effettuata una seconda cottura per permettere la vetrificazione degli smalti. La temperatura di cottura dello smalto è più bassa di quella della pasta e per la maiolica è di circa 920-950°C.

La cottura della terraglia tenera avviene a circa 1100°C, mentre lo smalto viene cotto a circa 1000°C.

La cottura della terraglia forte si effettua a 1230÷1280°C. Lo smalto viene cotto a 1100÷1160°C.

Nel caso sia prevista la decorazione ad oro, l'ulteriore cottura si esegue a 650-750°C.

Forni

Nelle ditte umbre vengono impiegati prevalentemente forni per ceramica di tipo intermittente e in alcuni casi anche forni continui a fuoco fisso.

A seconda delle esigenze e della produzione della ditta, la cottura può avvenire tutti i giorni o anche solo 1-2 volte a settimana.

- Forni intermittenti

Per realizzare il ciclo termico desiderato, questi forni vengono riscaldati e raffreddati ad ogni cottura. Il tempo di cottura può raggiungere le 24 ore compreso il raffreddamento.

Da una dozzina di anni in Umbria hanno trovato larga diffusione i forni per ceramica a gas metano (foto 9 e 30), con volumi tipicamente di 2÷3 m³, il cui rivestimento isolante a

vista all'interno del forno è costituito da fibre ceramiche refrattarie (FCR). E' raro l'impiego di forni coibentati con mattoni refrattari o di forni muffolati.



Foto 9: forno di piccolo volume, a gas metano, coibentato con fibre ceramiche refrattarie



Foto 10: forno elettrico da 250 litri, coibentato con fibre ceramiche refrattarie

Il materiale da cuocere viene montato su caselle refrattarie predisposte sul carrello a ruote. Inserito il carrello nel forno, fra le pareti del forno e il carrello rimane un piccolo spazio nel quale si inserisce la fiamma del bruciatore. Chiusa la porta a cerniera, viene avviata la cottura.

Per la cottura a oro o per altre esigenze, alcune ditte dispongono di forni elettrici di piccolo volume (foto 10), a suola fissa, coibentati con FCR a vista.

- Forni continui a fuoco fisso

Impiegati da alcune ditte per la seconda cottura, i forni continui a fuoco fisso utilizzati nella ceramica artistica sono quelli a tunnel a piastre striscianti (foto 11 e 12).

Il tunnel può essere lungo anche alcune decine di metri, con al centro la zona cottura a fiamma libera.



Foto 11: forno a tunnel; il materiale da cuocere è montato su caselle che si muovono su piastre striscianti

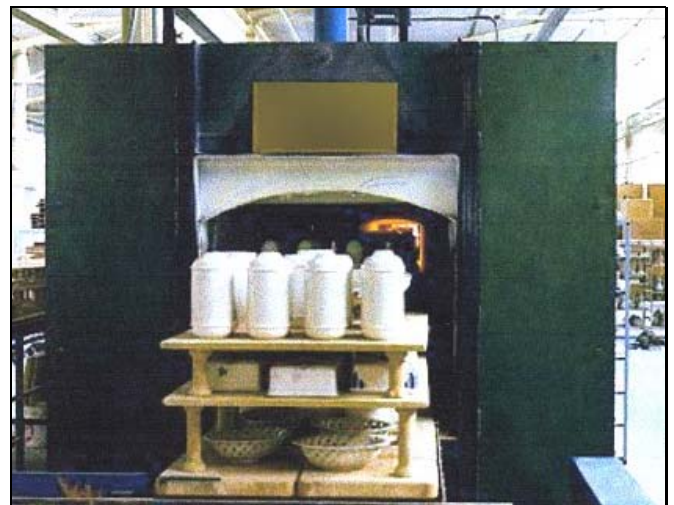


Foto 12: bocca d'ingresso del forno a tunnel

Il materiale da cuocere viene montato su caselle refrattarie, poggiate sulle piastre refrattarie che strisciano sulla suola del forno sotto l'azione di spintori. Il materiale entra nella sezione di preriscaldamento, passa nella camera di combustione (bruciatori a gas metano), infine attraversa la sezione di raffreddamento. Ogni zona del forno rimane in condizioni costanti di temperatura ed atmosfera. Il calore proviene dalla zona cottura ed è regolato da ventilatori, l'isolamento termico è realizzato con rivestimento di mattoni refrattari. I fumi vengono espulsi in atmosfera tramite camini di aspirazione. Il ciclo di cottura dura in genere intorno alle 16 ore da quando il fornaciaio allestisce le caselle sulle piastre a quando rimuove i pezzi cotti; nella zona cottura, comunque, il materiale rimane per un tempo inferiore all'ora.

2.6 Smaltatura e vetrinatura

Nell'industria ceramica si utilizza il termine smalto per contraddistinguere il rivestimento opaco e vetrina (o cristallina, o vernice) per evidenziare il rivestimento trasparente. Il biscotto di maiolica viene smaltato, quindi decorato, applicata la vetrina; dopo la smaltatura, decorazione e vetrinatura il biscotto viene nuovamente cotto per conferire alla superficie uno stato liscio, insolubile in acqua.

Smaltatura

Lo smalto, applicato sotto forma di dispersione acquosa, viene assorbito dal biscotto, molto poroso, e costituisce la base per le successive decorazioni.

Gli smalti utilizzati per rivestire gli oggetti di maiolica e terraglia sono materiali vetrosi a base di borosilicati di metalli alcalini e alcalino-terrosi e in genere contengono come opacizzante ossido di stagno, di zirconio o di titanio aggiunti in polvere finissima.

Lo smalto più utilizzato è quello bianco. Per ottenere smalti colorati si aggiungono al materiale di base dei coloranti, costituiti da "vetri" finemente macinati con ossido di ferro (rosso, giallo, nero), ossido di cobalto (azzurro), ossido di rame (verde), ossido di manganese (violetto, bruno, nero), ossido di cromo (verde, rosso), composti di cadmio e selenio (rosso), ossido di nichel (bruno, violetto), ossidi di uranio, titanio, antimonio, vanadio e i cromati di piombo e bario (giallo).



Foto 13: smaltatura per immersione del biscotto, con l'impiego di pinze

Le ditte ceramiche acquistano lo smalto allo stato di polvere o disperso ad alta concentrazione in fase liquida. La polvere viene miscelata con acqua tramite un apposito agitatore a motore, ottenendo una sospensione finissima in acqua.

La smaltatura delle ceramiche artistiche viene effettuata quasi sempre per immersione manuale del singolo pezzo in una conca contenente lo smalto. I pezzi piccoli vengono immersi per pochi istanti nello smalto utilizzando un paio di apposite pinze (foto 13), mentre i pezzi grandi vengono impugnati direttamente a mano.

Dopo l'estrazione del manufatto dalla conca, è necessario rimuovere lo smalto dall'area di appoggio dell'oggetto, in quanto in fase di cottura questa si attaccherebbe al refrattario. Ciò si realizza utilizzando una pulitrice per vernici, sul cui piano scorre un nastro in gomma spugna.

Per pezzi particolari (per esempio, per pezzi molto grandi difficilmente sollevabili) la smaltatura può essere realizzata versando direttamente lo smalto sul pezzo.

L'impiego di macchine smaltatrici automatiche è raro.

Utilizzando argilla che cuoce bianco, la smaltatura non è indispensabile e la decorazione può essere riportata direttamente sul biscotto.

Vetrinatura

Dopo la pittura, sull'oggetto deve essere applicata la vetrina, sottile strato vetroso duro e trasparente che ricopre smalto e decorazione, ottenendo una superficie lucida e omogenea al tatto, che protegge la decorazione, e rende più resistente all'abrasione e facilmente pulibile l'oggetto.

La composizione della vetrina è analoga a quella dello smalto, a parte le sostanze opacizzanti.

La vetrina viene generalmente applicata per spruzzatura in cabina a spruzzo del tipo a velo d'acqua. L'addetto, che dovrebbe essere opportunamente provvisto di dispositivi di protezione individuale (mascherina, tuta, guanti) pone l'oggetto sul torniello girevole e realizza l'operazione (foto 14).



Foto 14: l'operatore spruzza la vetrina sugli oggetti decorati, in cabina da spruzzo

Raramente la vetrina viene applicata per immersione (allo stesso modo dello smalto), o utilizzando cabine spruzzatrici automatiche.

2.7 Decorazione

Solitamente questa operazione precede la fase di vetrinatura.

Nell'industria della ceramica umbra la decorazione consiste essenzialmente nella pittura a mano degli oggetti, mentre l'applicazione delle decalcomanie è meno impiegata.

Parte della produzione, in particolare di vasellame di minor pregio, non richiede alcuna decorazione.

Pittura

Per la pittura degli oggetti ceramici si utilizzano colori per alta temperatura e poco solubili nelle vetrine, costituiti da ossidi cromatici misti ad altri ossidi.

La pittura, effettuata prima dell'applicazione della vetrina, è sempre eseguita a mano, anche se le modalità possono variare.

Le linee dei disegni-base, riportate su carta trasparente, vengono traforate con uno spillo, il foglio viene appoggiato sull'oggetto nella giusta posizione, e quindi spolverato con carbonella che filtra attraverso i forellini lasciando una traccia sopra lo smalto (foto 15). Il decoratore seguirà la traccia con il pennello completando liberamente la figura (foto 16). Questo tipo di decorazione viene effettuata in apposite sale pittura; ogni operatore lavora in piedi o seduto su sgabello appoggiando l'oggetto da decorare su un piedistallo girevole sul banco di lavoro. Poiché il decoratore esegue tutta la pittura dell'oggetto, il suo lavoro è indipendente dalla velocità degli altri operatori.

Per la produzione di stoviglie meno pregiata il lavoro di decorazione può assumere il carattere di produzione in serie. La base a più colori, sopra lo smalto, può essere applicata dal decoratore spostando lentamente il pennello sull'oggetto in rotazione sul torniello. Ogni operatore applica un determinato colore e, lavorando in serie, deve mantenere una perfetta sincronia con gli altri decoratori. Per aggiungere disegni alla base di colore si utilizzano modelli; i disegni vengono poi riempiti di colore con pennello o con spugnette imbevute di colore.



Foto 15: il disegno-base si ottiene spolverando la carbonella sull'oggetto da decorare



Foto 16: decoratrice in sala pittura

Una tecnica di decorazione particolare è la graffitura (foto 17), che si realizza sull'oggetto crudo incidendo l'argilla con la punta di matita.

Operazione complementare alla decorazione, normalmente eseguita dagli stessi addetti, è la correzione delle imperfezioni prima o dopo la seconda cottura, con l'eliminazione delle sporgenze con una piccola mola o con la carta vetrata, e la successiva smaltatura con un pennellino.

Decalcomania

Nell'industria ceramica la decalcomania, cioè il procedimento che consente di trasferire immagini colorate da un foglio di carta ad un altro supporto, trova un impiego abbastanza consistente, sia nella decorazione in serie che nelle produzioni più limitate.

Le decalcomanie vengono acquistate da ditte specializzate.



Foto 17: processo di graffitura su argilla non cotta

Nella produzione in serie vengono impiegate apposite costose macchine, nelle quali il biscotto, eventualmente smaltato, viene inserito a mano ed espulso dalla macchina con la decalcomania applicata.

Per produzioni più limitate le decalcomanie vengono applicate a mano. La decalcomania viene tagliata a mano dalla striscia, si bagna in acqua staccandola dal supporto, si bagna (o si spennella di colla) la superficie smaltata dell'oggetto, si stende la decalcomania posizionandola.

2.8 Immagazzinamento

Al termine dell'ultima cottura, si estrae il materiale dal forno, si lascia completare il raffreddamento, quindi si scarica il prodotto finito su pallets.

La movimentazione dei pallets viene in genere effettuata con carrelli elevatori, talvolta con carrelli spinti a mano.

Nel magazzino viene operato manualmente il confezionamento in scatole. Alcune ditte ultimano il confezionamento applicando la pellicola plastica con avvolgitrice automatica su pallet.

La spedizione del materiale è solitamente effettuata da ditte terze.

3 ANALISI DEI RISCHI

3.1 Organizzazione produttiva

L'ampiezza e le caratteristiche dell'ambiente di lavoro variano, ovviamente, a seconda delle dimensioni della ditta (foto 18 e 19). Generalmente i locali sono ubicati in una unica struttura, nella quale gli ambienti di produzione occupano quasi sempre il piano terra.

L'ambiente è in genere suddiviso in sale (tipicamente: reparto creazione, reparto forni e smaltatura, sala pittura, magazzino), ma sono presenti anche realtà nelle quali in un unico capannone, privo di compartimentazioni, vengono svolte tutte le attività ad esclusione solo di quelle amministrative. Il magazzino dei prodotti finiti in genere è ben separato dall'area di produzione. In alcuni opifici è presente anche una piccola sala di ristoro per i lavoratori.



Foto 18: locale forni



Foto 19: sala "creazione"

La dislocazione descritta spesso comporta promiscuità di fasi lavorative con anomale concentrazioni di macchinari, strutture e scaffalature che rendono poco razionale lo sviluppo del processo, nonché la movimentazione di materiali e manufatti svolta manualmente o con carrelli elettrici. Senza dubbio ciò contribuisce all'aumento delle possibilità per i lavoratori di subire urti, cadute e schiacciamenti degli arti.

L'organizzazione del lavoro generalmente prevede un unico turno interrotto da una pausa pranzo di un paio di ore. Alcune mansioni possono essere organizzate diversamente, su due o tre turni di lavoro a seconda delle esigenze produttive aziendali.

3.2 Ergonomia

Un fattore di rischio presente in molte fasi lavorative è rappresentato dai problemi posturali. Alcune lavorazioni richiedono il mantenimento della posizione di lavoro, seduti o in piedi per tutta la giornata lavorativa, con il peso del corpo mal ripartito e con l'impiego di sedie o altri sostegni del tutto inadeguati a facilitare il corretto posizionamento del corpo.

La maggiore criticità della problematica interessa il settore del decoro del manufatto, in cui gli operatori oltre a posizionarsi in maniera scorretta (foto 20), sono costretti a svolgere movimenti ripetuti di precisione (uso del pennello) con cadenze più o meno frequenti a seconda della produzione da svolgere.



Foto 20: decoratori in sala pittura: raramente vengono usate sedie ergonomiche

In altre lavorazioni è necessario lavorare per tutto il tempo in piedi, per esempio nella foggatura alle presse, con movimenti ripetuti degli arti superiori per il continuo inserimento dei pani di argilla sotto lo stampo.

L'illuminazione è in genere naturale ed integrata con luce artificiale, per lo più al neon. Generalmente non è disponibile una illuminazione accessoria sul singolo posto di lavoro, modificabile individualmente in funzione dei compiti da svolgere (foto 21).



Foto 21: illuminazione "naturale" e al neon sopra una pressa

Ad esempio, frequentemente sono state individuate carenze di illuminazione soprattutto nei settori di rifinitura e decoro, che, per l'accuratezza del lavoro da svolgere, richiederebbero maggiori illuminamenti.

3.3 Agenti fisici: rumore, vibrazioni, microclima

A parte alcune situazioni particolari, i livelli di esposizione personale a rumore non sono elevati, mancando, in genere, macchine particolarmente rumorose.

Fra le lavorazioni che comportano esposizioni di energia sonora significative (L_{aeq} >85 dBA) si possono segnalare le fasi di abrasione delle imperfezioni nel biscotto, svolte con apposite mole elettriche; inoltre si segnala l'uso dell'aerografo ad aria compressa per l'applicazione della vetrina. Tuttavia, tali fasi lavorative comportano tempi di adibizione contenuti, per cui i livelli medi giornalieri di esposizione a rumore nella quasi totalità dei casi si posizionano attorno a valori inferiori o che si approssimano a 80 dBA (L_{ep,d}).

Un'altra sorgente di rumore che può incontrarsi è rappresentata dai forni a tunnel, in cui le ventole di afflusso dell'aria all'interno del forno inducono significative emissioni sonore che possono interessare le zone lavorative limitrofe.

Per quanto riguarda l'esposizione a vibrazioni, non si segnalano lavorazioni con utensili portatili manuali, a parte la piccola mola impiegata per rimuovere le imperfezioni, per di più utilizzata per tempi poco significativi. Pertanto, si ritiene di poter escludere, nel settore delle ceramiche, la problematica dovuta all'esposizione a vibrazioni.

Le condizioni microclimatiche rappresentano uno degli aspetti meno soddisfacenti delle condizioni lavorative presenti nelle ditte ceramiche. In nessun laboratorio, infatti, esistono sistemi di climatizzazione nei reparti di produzione.

La presenza nell'ambiente lavorativo dei forni di cottura implica inevitabilmente delle alterazioni del benessere termico dei lavoratori, in quanto costoro sono soggetti a significativi gradienti termici sia in estate, per il caldo-umido opprimente, sia in inverno, quando alla zona "calda" in prossimità del forno si contrappongono zone "fredde" nei locali o zone contigue non riscaldate.

Tale situazione di disagio è anche aggravata dalla necessità, per alcune figure professionali, di lavorare a contatto con acqua, sia nelle fasi di rifinitura, sia nelle fasi di smaltatura e applicazione delle decalcomanie.

3.4 Macchine

Nel corso dei sopralluoghi nelle ditte di ceramica artistica in Umbria, prese come campione rappresentativo, sono stati annotati i macchinari presenti nell'ambiente di lavoro. Quello che segue è un elenco delle macchine che si è riscontrato *possono* essere impiegate nei vari reparti.

Reparto preparazione materie prime

- ✓ camion di ditte esterne per il trasporto materie prime, carrello elevatore per la movimentazione dei carichi, macina frantumazolle di argilla, mulino per frantumazione roccia (calcare, dolomia), agitatore a motore per miscelazione fluidi, pompa per sollevamento fluidi, filtropressa.

Reparto "creazione"

- ✓ macchina impastatrice/degassatrice, tornio elettrico per modellare, trafilatura automatica, pressa idraulica per ceramica, agitatore per argille fluide da colaggio.

Locale forni ed essiccazione

- ✓ forni intermittenti per ceramica, forni continui a tunnel a piastre striscianti, essiccatoio a gas.

Locale smaltature

- ✓ agitatore a motore per smalti, macchina smaltatrice, macchina pulitrice elettrica per smalti, cabina a spruzzo per vetrina.

Sala decorazione

- ✓ macchina per decalcomania, mola per rifinitura imperfezioni ceramica.

Magazzino-imbballaggio

- ✓ carrello elevatore elettrico, avvolgitrice pellicola su pallets.

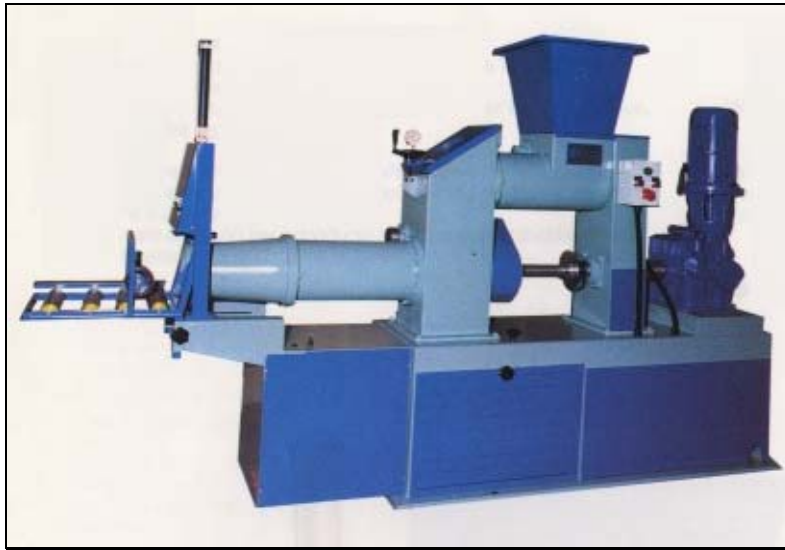


Foto 22: impastatrice-degassatrice con taglierina automatica

E' ovvio che laddove sussiste una interazione uomo-macchina esista anche un potenziale rischio di infortunio. Esaminando le situazioni operative si evidenziano nella pressoché totalità dei casi tra detti rischi, delle situazioni critiche relative soprattutto alla gestione delle macchine impastatrice-degassatrice, presse di stampaggio, agitatore per smalti e carrelli elevatori.



Foto 23: tornio-pressa per ceramiche e terrecotte



Foto 24: operazione di stampaggio con una vecchia pressa

Nell'operazione di alimentazione dell'argilla nella bocca dell'impastatrice/degassatrice (foto 22), il rischio principale deriva dalla possibile presa e trascinamento delle mani del lavoratore nei rulli della macchina. Le prescrizioni prevedono

l'utilizzo di arnesi che non consentano il contatto tra la vite senza fine e la mano dell'operatore. Le nuove macchine, che seguono le prescrizioni del D.P.R. 459/96 (recepimento Direttiva Macchine), sono state dotate di alcune misure di sicurezza aggiuntive: bocca di alimentazione portata ad una altezza superiore a 1,80 m per evitare l'introduzione delle mani nella tramoggia; carter di protezione su tutte le parti mobili, quali alberi rotanti, giunti e in particolare sulla taglierina.

Altre macchine di particolare pericolosità sono le presse per lo stampaggio del manufatto. A seconda del pezzo da produrre vengono usate presse idrauliche, presse rotanti e torni-presse (foto 23), tutte macchine utensili in cui l'operazione di formatura richiede l'inserimento manuale del materiale e la conseguente asportazione del pezzo formato.

Il rischio principale per gli operatori deriva dallo schiacciamento del sistema mano-braccio nella fase di chiusura degli stampi (foto 24). Le sicurezze, previste dal D.P.R. 459/96, possono essere di due tipi a seconda del modo di funzionamento della macchina: per le presse tradizionali che funzionano a comando manuale, l'azione di compressione deve essere comandata da un doppio pulsante, in modo che l'operatore, impegnando entrambi gli arti nell'esecuzione dell'operazione, non possa interagire con la macchina. Invece negli altri casi di presse rotanti e torni-presse, per i quali è previsto un azionamento automatico, la macchina deve essere protetta da fotocellule che interrompono il moto del pistone portastampo, con motori autofrenanti, qualora mani o altre parti del corpo dell'operatore si trovino nel suo campo d'azione durante la fase di chiusura. Le altre parti della macchina sono protette da griglie che impediscono l'introduzione degli arti.

L'agitatore per gli smalti (foto 25) deve essere dotato di organi di trasmissione adeguatamente protetti su tutti i lati; sarebbe anche opportuno che le conche di miscelazione fossero dotate di copertura per impedire che lo smaltatore possa accidentalmente entrare in contatto con parti in moto dell'agitatore.



Foto 25: agitatore per smalti

Per la movimentazione interna dei manufatti vengono utilizzati muletti (foto 26) che possono causare infortuni per il rovesciamento dei carichi o investimento di altri operatori. Il D.L.vo 359/99 dispone che i carrelli elevatori debbano essere dotati di dispositivi atti a limitare il rischio di rovesciamento, o la possibilità che il conducente in caso di rovesciamento rimanga schiacciato tra il suolo e il tetto del mezzo. I datori di lavoro sono tenuti ad apportare le necessarie integrazioni ai carrelli prima di metterli nuovamente a disposizione dei lavoratori.



Foto 26: carrello elevatore elettrico con un carico imballato pronto per la spedizione

3.5 Movimentazione manuale dei carichi

Le operazioni di movimentazione manuale normalmente non avvengono in modo continuativo per più di un'ora e sono rappresentate dal trasporto degli oggetti in lavorazione, che in genere non superano alcuni chilogrammi di peso, al carico/scarico dei forni, alla smaltatura, alla movimentazione a spinta dei carrelli (foto 27). I manufatti non presentano mai spigoli vivi e in genere non sono di ingombro e peso eccessivi.



Foto 27: carrello movimentabile a spinta, per l'essiccazione e il trasporto dei manufatti

I locali di lavoro in genere non sono ottimali per la movimentazione, con spazi spesso ristretti e superficie dei pavimenti a volte non regolare.

Sussiste un rischio di movimentazione nel caso di realizzazione di manufatti di grosse dimensioni, oppure nell'utilizzo di stampi in gesso, anch'essi di grande volume, che

implicano, oltre al sollevamento, anche movimenti di torsione o piegamento del busto e quindi in grado di generare patologie del rachide.



Foto 28: carico del carrello del forno: l'operatore impiega uno sgabello per raggiungere i punti più alti del carico



Foto 29: carico del carrello del forno: uso della scala, uso di calzature inadatte

3.6 Esposizione a polveri respirabili: silice libera cristallina

Come è noto, l'industria ceramica, per il tipo di materie prime impiegate e per le manipolazioni effettuate nel ciclo produttivo, prevede lavorazioni che espongono all'inalazione di polveri, costituite da minerali ed in particolare anche da silice libera.

Le particelle di polvere inalate si depongono in luoghi diversi dell'apparato respiratorio, dalle vie aeree superiori fino agli alveoli polmonari, a seconda della loro forma, granulometria e densità.

L'interazione tra polveri ed organismo può comportare la potenziale insorgenza di patologie. Una ben nota e grave patologia tipica del settore è la silicosi, che interessa la zona degli alveoli polmonari. Per la tipicità dell'organo bersaglio, è necessario quindi indirizzare la ricerca dei minerali di silice libera nella frazione più fine della polvere, definita tecnicamente "respirabile" (vedi allegato IV del D.Lgs. 277/91).

Metodica di indagine e di campionamento delle polveri respirabili

Al fine di esaminare le situazioni operative relativamente a tutto il ciclo lavorativo dell'industria della ceramica artistica, sono stati raccolti i risultati dei campionamenti effettuati dal 1992 al 2001 dalla Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione dell'INAIL - Umbria, mirati alla verifica dell'esistenza del rischio silicosi negli ambienti di lavoro in cui operano le maestranze.

Il campionamento della frazione "respirabile" del particolato aerodisperso è stato effettuato a livello "personale" operando con prelevatori portatili, indossati direttamente dai soggetti impegnati nelle proprie attività, dotati di un portafiltro, posizionato in prossimità della zona di respirazione degli addetti.

Le indagini sono state condotte cercando di isolare le operazioni e verificando che gli addetti si dedicassero alla mansione indagata per tutta la durata del campionamento. I prelievi sono stati effettuati durante la normale attività lavorativa e, pur non coprendo la durata dell'intero turno di lavoro, possono, comunque, considerarsi, per le modalità adottate, significativi e rappresentativi delle normali condizioni di lavoro allo stato di funzionamento attuale di macchine ed impianti.

La frazione respirabile di materiali in sospensione, come stabilisce il D.L.vo 277/91, comprende un aggregato che passa attraverso un sistema di separazione (ciclone) il cui effetto corrisponde alla funzione teorica di separazione di un separatore per sedimentazione che separa il 50% delle particelle con diametro aerodinamico di 5 μm , come stabilito dalla “convenzione di Johannesburg” del 1979.

In campo internazionale, invece, si è affermata la scelta del diametro aerodinamico di 4 μm come punto di taglio mediano del campionatore (ISO, 1991; ACGIH, 1985). Il dibattito all'interno della comunità scientifica sulle tematiche del campionamento dell'aerosol è però ancora lontano dalla conclusione.

Esposizione a polveri respirabili totali

I risultati dei campionamenti di polvere respirabile totale in 16 ditte di ceramica umbre sono riportati per mansione in Figura 2 e per ditta e per mansione in Figura 3.

La determinazione del quantitativo di polvere raccolta sul filtro è stata effettuata con metodo gravimetrico a pesata differenziale, con bilancia con sensibilità del milionesimo di grammo. La concentrazione media di polveri respirabili, su 71 misure, è risultata di 0,50 mg/m^3 .

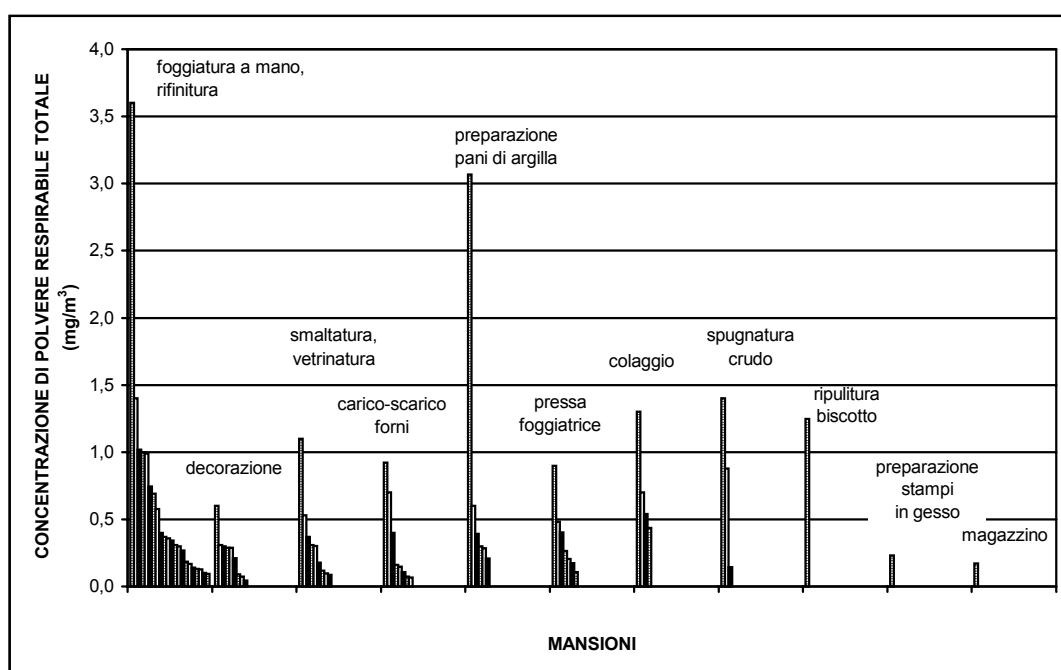


Figura 2: esposizione a polvere respirabile totale, per mansione

I valori medi più elevati (0,60-0,81 mg/m^3) interessano gli addetti alla preparazione dei pani di argilla, gli addetti alla spugnatura del crudo, gli addetti al colaggio e gli addetti alla creazione (foggatura a mano, rifinitura, applicazione manici). Valori medi compresi fra 0,37 e 0,23 mg/m^3 riguardano le altre mansioni: stampaggio alla pressa, smaltatura/vetrinatura, carico/scarico forni, decorazione (Tab. 2).

Esposizione a silice libera cristallina respirabile

- La silice libera cristallina nelle argille, nelle polveri sedimentate e nelle polveri respirabili

Nel processo di lavorazione ceramica delle argille, dalla preparazione dei pani di pasta argillosa, alla lavorazione manuale del crudo e poi del cotto, per finire alle fasi di immagazzinamento, si producono polveri respirabili il cui contenuto di quarzo dipende dal suo tenore nel materiale di partenza, dalle modalità di lavorazione e dalle caratteristiche granulometriche e meccaniche del quarzo.

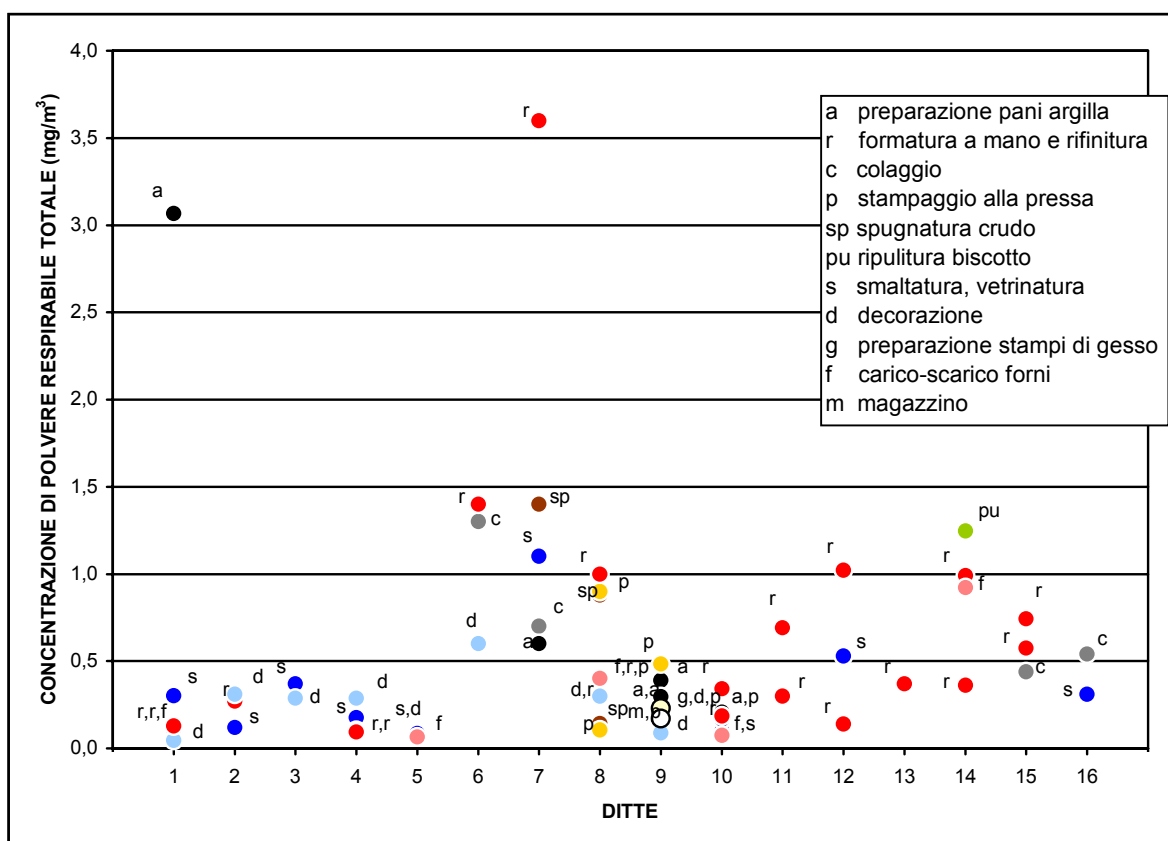


Figura 3: esposizione a polvere respirabile totale, per mansione e per ditta

Tabella 2: valori medi della concentrazione di polveri respirabili totali e di silice libera cristallina

mansione	concentr. polvere respirabile (mg/m ³)	n° misure	concentr. quarzo respirabile (mg/m ³)	n° misure
preparazione pani di argilla	0,808	6	0,084	5
spugnatura crudo	0,807	3	0,108	2
colaggio	0,744	4	0,068	4
foggiatura a mano, rifinitura, applicazione manici	0,605	22	0,054	18
stampaggio alla pressa	0,362	7	0,040	5
smaltatura e vetrinatura	0,343	9	0,030	6
carico-scarico forni	0,322	8	0,029	6
decorazione a mano	0,245	9	0,010	8
preparazione stampi in gesso	0,232	1	0,008	1
magazzino	0,169	1	0,000	1

Le argille sono silicati di alluminio idrati, originati dall'alterazione dei feldspati tramite diversi processi geologici, dalla composizione chimica variabile e con l'importante presenza di impurezze, in particolare ossidi di ferro e TiO₂.

Il quarzo è l'unica forma di silice cristallina normalmente presente nelle argille. Nelle argille italiane il tenore in quarzo ha un valore medio del 21,9%, e il 50% di queste argille ha concentrazioni in quarzo comprese fra il 19 e il 25% (Fig. 4).

In Umbria, le argille "rosse", che rappresentano di gran lunga il tipo più impiegato nei laboratori ceramici, provengono essenzialmente da cave situate nei territori toscani e umbri.

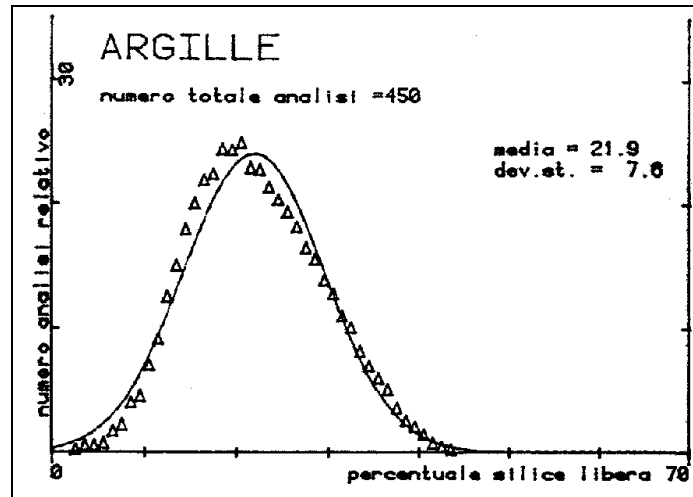


Figura 4: contenuto di quarzo nelle argille italiane (da Casciani et al., 1982)

In base alle analisi su campioni massivi dell'argilla "rossa" utilizzata nelle ditte ceramiche che operano nel territorio regionale, il tenore di quarzo risulta compreso fra il 10,1% e il 23,8%, con un valore medio del 14,5%, e quindi inferiore al tenore medio di silice libera dell'insieme delle argille italiane.

Per capire come si modifica il contenuto di quarzo nelle polveri prodotte durante le lavorazioni, è stata condotta una serie di misure nelle polveri fini che si sedimentano sulle pareti o sugli oggetti con inclinazione verticale o sub-verticale, e nelle polveri respirabili.

Il risultato dell'indagine è riportato in Figura 5, relativa a 11 ditte umbre, dove si può osservare come la concentrazione di quarzo diminuisca nel verso "argilla → polvere sedimentata → polvere respirabile".

In Figura 6 sono stati riportati i valori medi calcolati per i diversi tipi di polvere. Si può constatare che la diminuzione di quarzo si verifica sempre e in genere con un andamento nel complesso abbastanza regolare. I valori percentuali in peso del quarzo rispetto alla polvere totale rientrano nei seguenti intervalli:

- ✓ argille: fra il 10,1% e il 23,8% (7 misure);
- ✓ polveri sedimentate: fra il 6,1% e il 18% (12 misure);
- ✓ polveri respirabili: fra meno dell' 1% e il 12% (36 misure);

In Figura 6 è anche rappresentato l'andamento dei valori della concentrazione media aritmetica del quarzo passando dallo stato di argilla a quello di polvere respirabile, per ditta e complessivo. Dai dati disponibili si ricavano i seguenti rapporti medi:

- ✓ quarzo nella polvere sedimentata = 66,0% del quarzo presente nell'argilla;
- ✓ quarzo nella polvere respirabile = 65,7% del quarzo nella polvere sedimentata;
- ✓ quarzo nella polvere respirabile = 46,9% del quarzo presente nell'argilla.

Dato lo scarso numero di dati disponibili e la molteplicità di fattori che entra in gioco, non si ritiene utile spingere oltre l'elaborazione dei dati, per esempio con una analisi statistica.

Il comportamento riscontrato è imputabile primariamente alle caratteristiche di resistenza meccanica e stabilità chimica del quarzo, in particolare rispetto ai minerali argillosi, facilmente frantumabili, la cui frazione percentuale aumenta sensibilmente nella polvere respirabile.

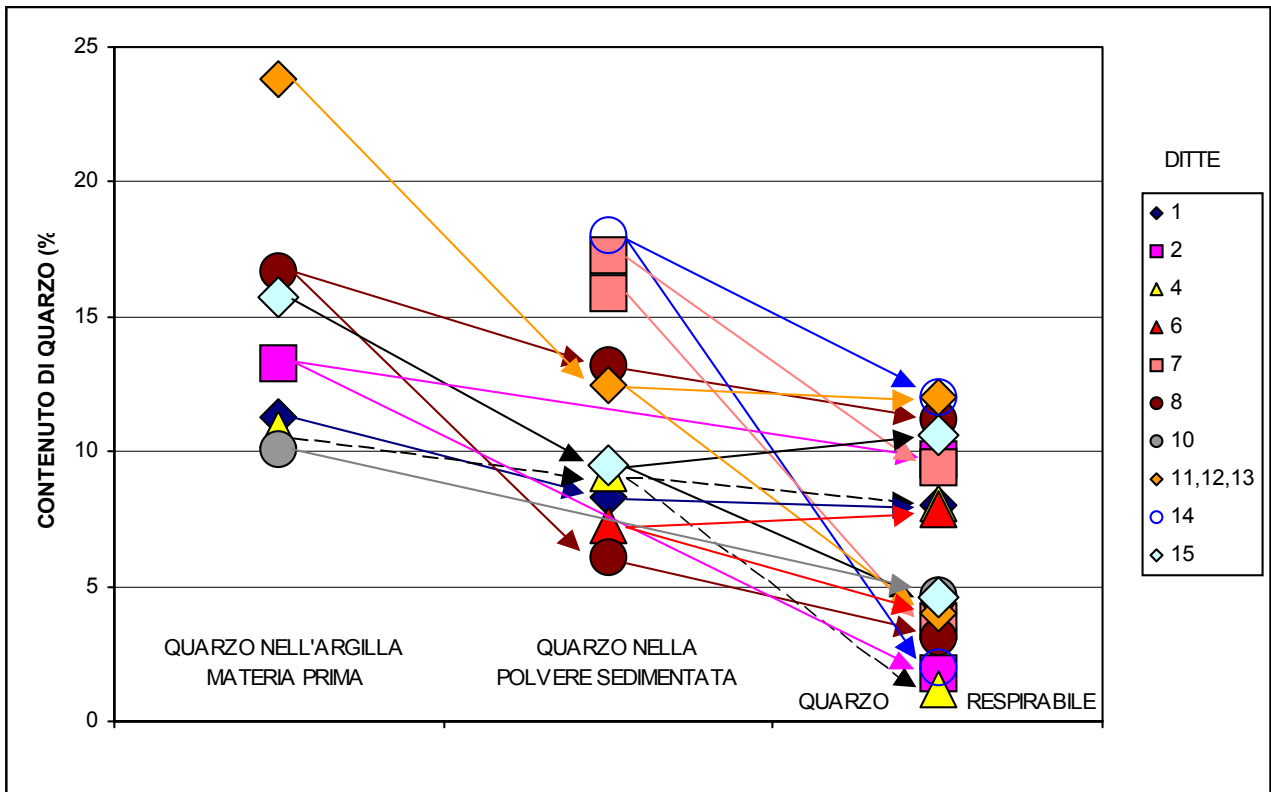


Fig. 5: contenuto percentuale di quarzo dall'argilla alla polvere respirabile, per ditta; sono rappresentati i valori massimi e minimi

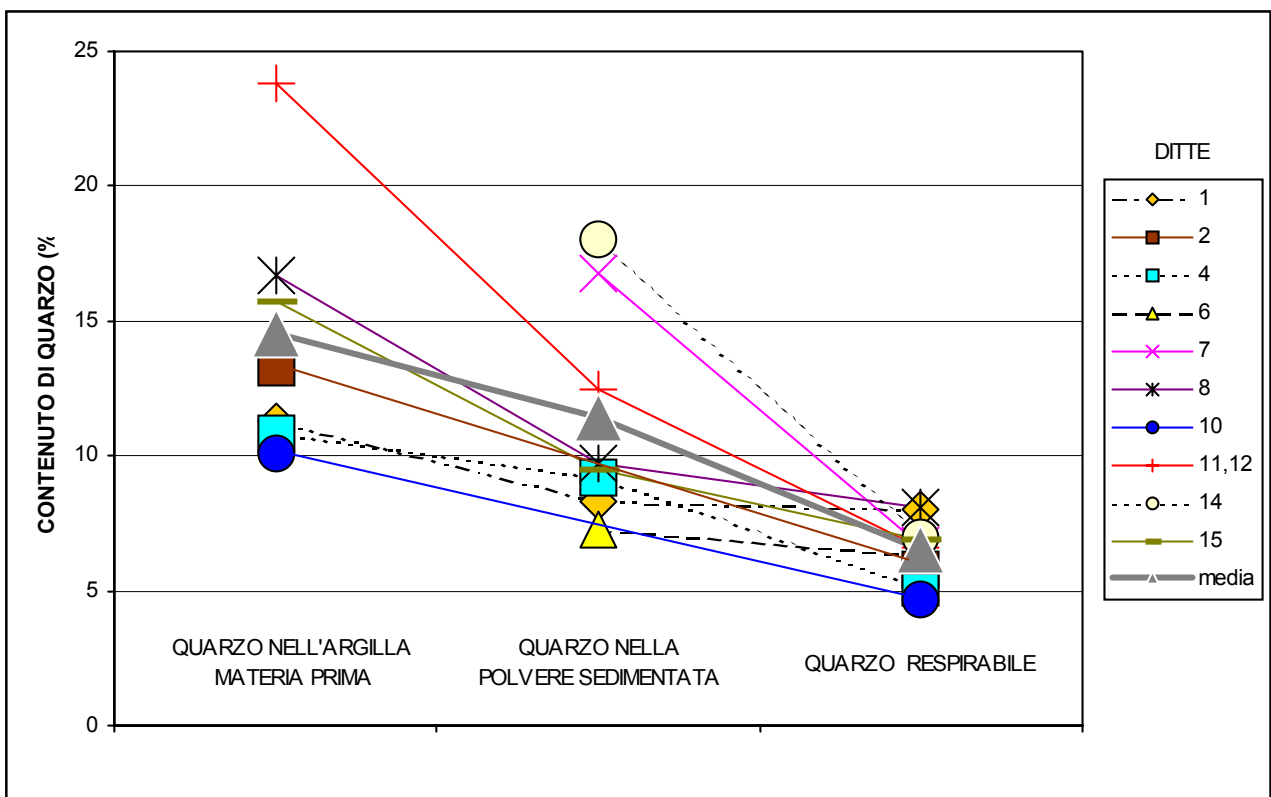


Fig. 6: contenuto percentuale di quarzo dall'argilla alla polvere respirabile; valori medi per ditta e valore medio complessivo

In relazione al tipo di lavorazione effettuata sono stati ottenuti i seguenti risultati, che paragonano il tenore in quarzo nella frazione respirabile della totalità della polvere campionata:

- ✓ preparazione materie prime (5 misure): quarzo 11,7% della polvere respirabile totale;
- ✓ colaggio (4 misure) e stampaggio alla pressa (5 misure): quarzo 9,8-9,9% della polvere respirabile totale;
- ✓ carico/scarico forni (5 misure), foggatura a mano (16 misure), smaltatura/vetrinatura (4 misure): quarzo 6,5-6,7% della polvere respirabile totale;
- ✓ decorazione a mano (5 misure): quarzo 4,2% della polvere respirabile totale.

Anche in questo caso risulta difficile una interpretazione significativa, in considerazione dell'esiguità e dell'eterogeneità dei dati raccolti. Sembra, tuttavia, riconoscibile una progressiva riduzione del quarzo nella frazione respirabile delle polveri con il procedere del ciclo lavorativo: preparazione argilla → colaggio/formatura → smaltatura → decorazione.

Nel caso degli smaltatori/vetrinatori e dei decoratori la minore frazione di quarzo potrebbe anche essere imputabile alla presenza nelle polveri di sostanze provenienti da fonti diverse rispetto all'argilla (smalti, vetrine, pigmenti), oltre che alle polveri provenienti dall'ambiente esterno.

- Concentrazioni di silice libera cristallina nelle polveri respirabili

Sugli stessi campioni sui quali sono state effettuate le misurazioni della polvere respirabile totale, è stata successivamente determinata la frazione di silice libera cristallina (quarzo) per stabilire il tasso di esposizione. Si tratta, complessivamente, di 57 campioni prelevati in 16 opifici umbri di ceramica.

Le analisi per la ricerca ed il dosaggio del quarzo sono state eseguite nel laboratorio INAIL di Roma, in diffrattometria RX utilizzando gli apparecchi automatici Philips PW 1800 e Philips PW 1830, servito dal Personal System / 2 modello automatico dell'IBM (X-ray tube: Cu LFF 40 KV 40 mA).

E' da precisare che attualmente nessuna normativa nazionale prevede dei limiti di sicurezza per la silice libera cristallina. Di recente l'Ispettorato Centrale del Ministero del Lavoro ha fissato, con una specifica lettera agli Ispettorati periferici, il livello di azione del quarzo (frazione respirabile) in $0,05 \text{ mg/m}^3$, quindi implicitamente ha considerato un livello di sicurezza pari a $0,1 \text{ mg/m}^3$, anche se ciò si riferisce ai parametri di valutazione ai fini assicurativi (applicazione del premio supplementare silicosi).

A livello internazionale sono considerati dei valori di riferimento che l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists fissa in $0,05 \text{ mg/m}^3$, valore espresso come TLV-TWA (ACGIH, 2000), mentre l'Occupational Safety and Health Administration indica dei livelli che variano in funzione della percentuale di quarzo nella polvere aerodispersa (OSHA's general industry standard 29 C.F.R. 1910.1000).

In considerazione di tali orientamenti, considerando che l'unico documento ufficiale è quello del Ministero del Lavoro e considerando le diverse tipologie di classi granulometriche delle polveri respirabili previste dal nostro ordinamento (D.Lgs. 277/91) rispetto a quelle previste dalla ACGIH, si ritiene ragionevole adottare, per il momento, così come stabilito dall'Istituto, come limite di sicurezza il valore di $0,1 \text{ mg/m}^3$, per cui il livello di azione a cui fare riferimento è di $0,05 \text{ mg/m}^3$.

I valori della concentrazione di silice libera cristallina respirabile ottenuti nel presente studio sono stati raggruppati individuando 8 mansioni principali tipiche dell'industria della ceramica artistica (Tab. 2, Fig. 7).

La concentrazione media di silice libera cristallina respirabile è risultata di $0,047 \text{ mg/m}^3$, valore prossimo al nostro livello di azione.

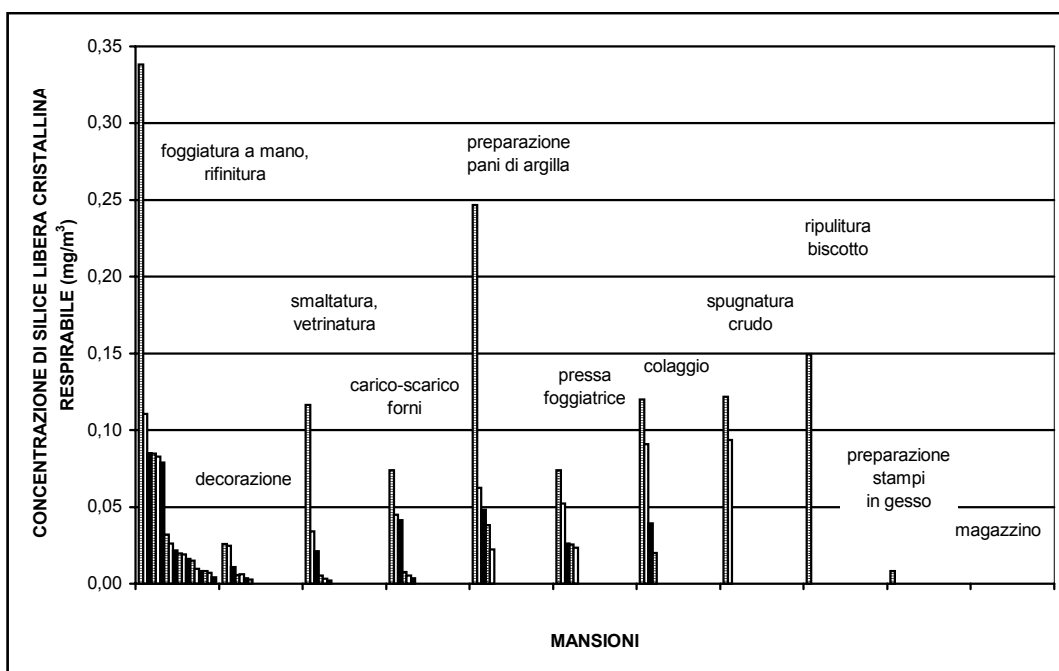


Figura 7: esposizione a silice libera cristallina respirabile, per mansione

Il valore di esposizione media più elevato riguarda gli addetti alla preparazione dei pani di argilla ($0,084 \text{ mg/m}^3$, Tab. 2, Fig. 8).

Per gli addetti al colaggio e alla foggatura a mano, sono stati riscontrati valori medi compresi fra $0,068$ e $0,054 \text{ mg/m}^3$.

Nella fascia compresa fra $0,040$ e $0,029 \text{ mg/m}^3$ rientra l'esposizione degli addetti allo stampaggio alla pressa, alla smaltatura/vetrinatura e al carico/scarico forni, mentre risultano esposti a valori inferiori i decoratori a mano ($0,010 \text{ mg/m}^3$), oltre agli addetti alla preparazione degli stampi in gesso e al lavoro in magazzino.

Anche per quanto riguarda le concentrazioni di silice libera cristallina, così come era stato osservato per la sua frazione percentuale rispetto al totale delle polveri respirabili, sembra riconoscibile una progressiva riduzione del suo tenore percentuale con il procedere del ciclo lavorativo: preparazione argilla → colaggio e foggatura a mano → stampaggio alla pressa → smaltatura/vetrinatura e carico/scarico forni → decorazione a mano → attività di magazzino.

In altre parole, con il procedere delle manipolazioni e delle operazioni meccaniche osserviamo un incremento della frazione respirabile costituita dai minerali più teneri non quarzosi, che contribuiscono a diluire il tenore di silice cristallina nella fase aerodispersa.

- Ambienti di lavoro

Nel corso dei sopralluoghi negli ambienti di lavoro, si è riscontrato che difficilmente i lavoratori sono pienamente consci dei rischi per la salute associati alla respirazione di polveri di quarzo, e che per la redazione del documento di valutazione dei rischi, raramente il datore di lavoro si preoccupa di far eseguire campionamenti di polveri respirabili al fine di stimare l'esposizione dei lavoratori a tale sostanza (si rammenta che lo IARC, International Agency for Research on Cancer, classifica la silice libera cancerogena di classe A1).

Spesso i lavoratori operano con abbigliamento impolverato (grembiuli, camici, ma frequentemente anche abiti "normali") che forse è fonte di diffusione di quantità di polveri respirabili confrontabili con quelle della lavorazione stessa.

La pulizia dei locali di lavoro viene in genere effettuata con regolarità, ma la struttura dell'opificio non è in genere adatta all'eliminazione delle stesse, in particolare di

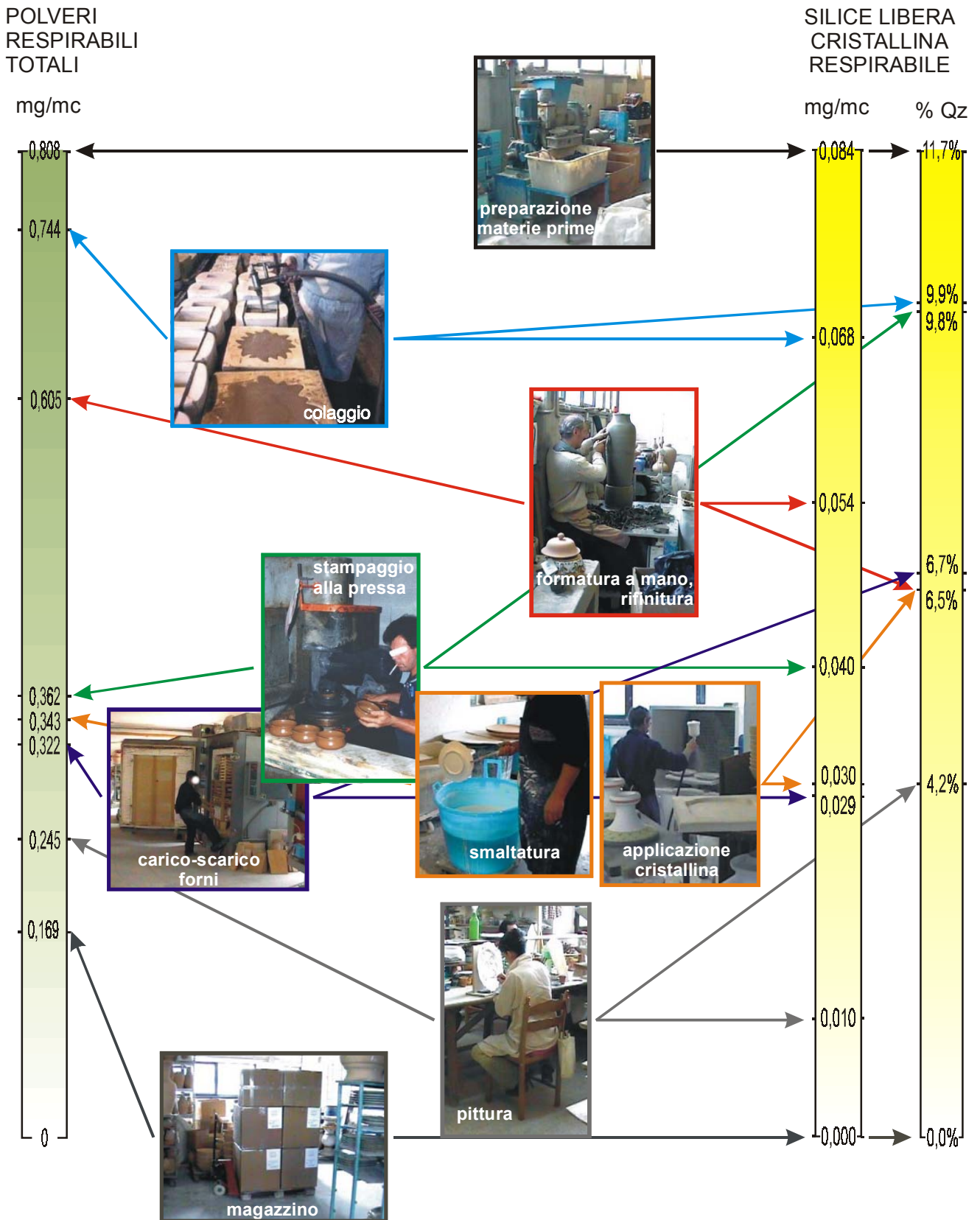


Figura 8: valori medi dell'esposizione a polveri totali respirabili e a silice libera cristallina, per mansione

quelle a granulometria più fine che si ritrovano sparse ovunque, coprendo con un velo sottile le scaffalature e più in generale le superfici meno inclinate.

L'uso di aspiratori localizzati è limitato all'operazione di vetrinatura, che in tutti gli opifici viene effettuata in cabina a spruzzo.

Date le modalità con le quali vengono generalmente effettuate queste lavorazioni, si può ritenere che la smaltatura (per immersione) non determini significativa esposizione, mentre la vetrinatura (a spruzzo) può effettivamente causare una esposizione significativa a silice, nel caso in cui si riscontri presenza di quarzo nel materiale. Pertanto meritano particolare attenzione le modalità operative, e in particolare l'efficienza dell'aspirazione nella cabina a spruzzo e il corretto uso dei dispositivi di protezione individuale (mascherina, guanti, camice).

3.7 Esposizione a fibre respirabili

Le fibre ceramiche refrattarie (FCR)

L'isolamento termico dei forni intermittenti per ceramica è ormai quasi sempre realizzato con materassini di fibra ceramica a vista. Questo tipo di fibre, comprese fra le artificiali inorganiche con caratteristiche refrattarie, vengono in genere prodotte per fusione di una miscela di allumina (Al_2O_3) e silice (SiO_2) con aggiunta di ossidi di zirconio e di boro, più altri composti chimici minori che ne migliorano le caratteristiche.

L'Unione Europea ha emanato una direttiva (97/69/CE) per la classificazione ed etichettatura delle "fibre artificiali vetrose", recepita in Italia dal D.M. 1/9/1998 del Ministero della Sanità, con le note esplicative della Circolare n. 4 del 15/3/2000, nella quale le "fibre ceramiche refrattarie" vengono definite come fibre artificiali vetrose (silicati), che presentano un'orientazione casuale e un tenore in ossidi alcalini e ossidi alcalino-terrosi pari o inferiore al 18% in peso. Per tenori superiori di questi ossidi, le fibre vengono definite "lane minerali".

Le FCR vengono classificate nella categoria 2 (*"sostanze che dovrebbero considerarsi cancerogene per l'uomo"*) se il diametro geometrico medio ponderato rispetto alla lunghezza meno due errori standard risulta minore di $6 \mu m$, mentre per diametri superiori le fibre sono considerate non più respirabili dall'uomo e perciò non in grado di raggiungere gli alveoli polmonari, e quindi la classificazione di cancerogeno non si applica.

La suddetta Circolare del Ministero della Sanità ricorda che *"Per quanto riguarda gli standard occupazionali, si fa presente che il valore limite di esposizione raccomandato dall'ACGIH nel 1999 è un TLV-TWA di $1,0 \text{ fibre/cm}^3$ per le lane minerali (vetro, roccia, scoria), mentre per le fibre ceramiche refrattarie è stato proposto per l'anno 2000 un TLV-TWA di $0,2 \text{ fibre/cm}^3$."*

Nel caso di FCR classificate come "cancerogene di seconda categoria e irritanti per la pelle", che rappresenta il caso probabilmente più frequente, la segnaletica dovrà riportare l'etichetta con il simbolo del "teschio con tibie incrociate" con le frasi di rischio R49 ("può provocare il cancro per inalazione") e R38 ("irritante per la pelle") e i consigli di prudenza S53 ("evitare l'esposizione – procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso") e S45 ("in caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico").

Pertanto, se nei forni sono stati impiegati materassini di FCR, la ditta dovrebbe richiedere al costruttore del forno la certificazione del tipo di fibra impiegato, o eventualmente far campionare, analizzare e certificare le fibre da un ente specializzato (Cavariani et al., 2001). Inoltre, è necessario fornire ai lavoratori le informazioni sul rischio e apporre l'opportuna segnaletica informativa in prossimità dei forni.

Lo stato di conservazione dei materiali contenenti FCR (compattezza, solidità, degrado) dovrà essere controllato nel tempo, con un programma di manutenzione che preveda l'intervento di operatori di ditte esterne specializzate, per eseguire le eventuali

operazioni che comportano manipolazione di FCR, adottando tutte le precauzioni necessarie a ridurre al minimo la dispersione nell'ambiente di FCR.

Esposizione a fibre ceramiche refrattarie (FCR)

La possibilità di esposizione a fibre ceramiche respirabili durante l'attività lavorativa interessa, quindi, gli addetti ai forni e gli eventuali altri lavoratori che operano nelle immediate vicinanze, e riguarda le fasi di carico e scarico del carrello, le operazioni di pulizia e soprattutto gli interventi di manutenzione dei forni.

- Carico/scarico del carrello dal forno

Data la consistenza soffice dei materassini di fibra ceramica e del progressivo infragilimento delle fibre, gli urti accidentali che avvengono nelle fasi di carico e scarico dei carrelli del forno possono a volte provocare tagli e squarci, con possibile diffusione di fibre.

Mentre la fase di inserimento del carrello nel forno di cottura è di breve durata, e ciò quindi implica una pressoché assenza di esposizione, la fase di scarico (foto 30) viene svolta per periodi temporali significativi (1-2 ore) e in genere si effettua nelle immediate vicinanze del forno, che rimane aperto.

E' stata testata la situazione espositiva degli addetti, seguendo la metodica di prelievo ed analisi descritta nell'allegato V del D.L.vo 277/91 relativa alla determinazione delle fibre di amianto. I risultati ottenuti sono piuttosto confortanti, in quanto non è stata riscontrata nessuna situazione critica riguardo l'inalazione di fibre respirabili durante l'operazione in questione.



Foto 30: estrazione del carrello dal forno dopo la cottura. La coibentazione del forno, in questo caso, prevede "a vista" in parte laterizi refrattari, in parte materassini di FCR (bianchi nella foto)

- Pulizia della coibentazione in FCR

Una fase che riteniamo critica, che tuttavia si verifica con scarsa frequenza, riguarda la pulizia delle pareti interne del forno dal pulviscolo di terracotta. Detta operazione viene svolta con rudimentali aspirapolvere, senza il ricorso all'uso dei DPI.

- Operazioni di manutenzione straordinaria

Gli interventi di manutenzione più importanti, comunque rari, si riferiscono alla sostituzione o parziale ripristino delle superfici coibenti, anche se queste operazioni sono generalmente affidate a ditte specializzate.

Abbiamo potuto constatare e campionare un intervento del genere in uno stabilimento per la produzione di laterizi, su un forno intermittente coibentato con FCR, dello stesso tipo di quelli impiegati nella produzione della ceramica artistica.

I risultati delle rilevazioni espositive degli addetti alle operazioni di rimozione e sostituzione del coibente hanno evidenziato valori medi di 600-800 fibre/litro.

In conclusione, nell'ambito dei processi di cottura dei manufatti, si ritiene che sia le operazioni di pulizia della superficie coibente sia le manutenzioni della stessa, comportino alte esposizioni, tali da ingenerare rischio, in considerazione anche della scarsa conoscenza che i lavoratori hanno dei rischi per la salute che l'esposizione a tali fibre può comportare.

3.8 Esposizione a metalli pesanti

L'esposizione a metalli pesanti nella produzione della stoviglieria e dell'oggettistica in ceramica è legata all'impiego di smalti, vetrine e pigmenti colorati.

La manipolazione di questi prodotti ha comportato nel passato un significativo problema ambientale di esposizione a piombo. Le principali vie di contaminazione risultavano essere il contatto, nel caso di smaltatura per immersione, e l'inalazione dell'aerosol, nel caso in cui venivano impiegate tecniche di applicazione a spruzzo, con l'aerografo.

Sino agli inizi degli anni '80, infatti, nell'industria della ceramica artistica umbra venivano impiegati smalti contenenti borosilicati di piombo, come illustrato anche dalle caratteristiche delle composizioni tipiche degli smalti utilizzati prima degli anni '80 (Tab. 3).

Tabella 3: composizione di alcuni smalti per ceramica (da Villavecchia e Eigenmann, 1977)

	<i>Maiolica</i>		<i>Terraglia tenera</i>	<i>Terraglia forte</i>
Ossidi di stagno	13	10	-	-
Ossido di piombo	17	33	15	12
Carbonato di sodio	7	9	8	-
Ossido di zinco	4	-	-	-
Acido borico	6	5	8	-
Borace	-	-	8	22
Dolomia	-	-	5	-
Marmo	5	-	-	10
Quarzo	33	33	30	20
Caolino	15	10	10	10
Feldspato	-	-	16	26

Attualmente, gli oggetti di ceramica destinati ad entrare in contatto con i prodotti alimentari devono rispondere alle prescrizioni contenute nel D.M. 4 aprile 1985, che esclude l'uso di smalti a base di piombo e cadmio. Pigmenti e smalti contenenti piombo e stagno vengono ancora impiegati, rispettivamente come fondente e come opacizzante per la riproduzione di "pezzi storici", anche se in quantitativi molto limitati.

Pertanto attualmente il problema di contaminazione da piombo e da altri metalli pesanti per le maestranze risulta notevolmente ridimensionato, anche se non del tutto scomparso. Infatti, è comunque da tenere in conto che nel caso di specifiche produzioni di manufatti che richiedono l'impiego di smalti o pigmenti a base di tali sostanze, si dovranno verificare, soprattutto dal punto di vista sanitario, possibili estemporanee intossicazioni degli addetti, utilizzando, tuttavia, anche specifiche protezioni individuali per evitare soprattutto il contatto.

3.9 Pericoli relativi agli impianti elettrici, agli impianti a gas, pericoli di incendio ed esplosione

I possibili pericoli derivanti da impianti e apparecchiature elettriche sono quelli tipici che si possono riscontrare nella generalità degli opifici.

Ricordiamo in particolare gli impianti elettrici non realizzati a regola d'arte, le procedure operative non rispettate, la presenza di materiali combustibili in vicinanza di corpi illuminanti o radianti, la mancata informazione dei lavoratori sui pericoli di natura elettrica, ecc.

A parte alcuni forni elettrici, generalmente di piccole dimensioni, i forni per ceramica impiegati in Umbria sono tutti alimentati a gas metano, e sono quindi soggetti al D.M. 12/04/96 concernente l'approvazione della regola tecnica di Prevenzione Incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi.

La potenzialità dei forni è in genere superiore a 100 000 kcal/h e l'attività è quindi soggetta al rilascio del Certificato Prevenzione Incendi da parte di Vigili del Fuoco.

Per quanto riguarda le caratteristiche costruttive dei forni intermittenti, le possibili carenze possono riguardare la valvola di intercettazione sulla tubazione di adduzione del gas al bruciatore, i dispositivi automatici di sicurezza totale per l'interruzione del flusso di gas in caso di spegnimento della fiamma, ecc. La manutenzione è sempre affidata a personale specializzato di ditte terze.

In generale, a separazione fra il locale forni e gli altri locali non sono installate porte a tenuta di fumo e certificate per la resistenza al fuoco. Anzi, spesso altre lavorazioni si svolgono nello stesso locale.

Fra i materiali combustibili e/o infiammabili presenti nei luoghi di lavoro, oltre al gas metano per l'alimentazione dei forni, sono da ricordare i materiali di imballaggio (cartoni, lastre di polistirolo), mentre gli arredi combustibili degli ambienti di lavoro sono ridotti al minimo.

Non vengono ordinariamente impiegate fiamme libere, né attrezzature che producono scintille. Fra le possibili sorgenti di innesco sono da ricordare in particolare i forni, in prossimità dei quali a volte si è riscontrata la presenza di materiali combustibili.

Le uscite di sicurezza spesso non sono segnalate, tuttavia, poiché le lavorazioni si svolgono quasi sempre a livello del piano campagna e i mezzi di trasporto (carrelli elevatori) devono poter transitare dall'esterno all'interno dell'opificio, le aperture verso l'esterno sono normalmente di notevoli dimensioni, raggiungibili con brevi percorsi, libere da ingombri e ben conosciute dal personale.

CONCLUSIONI

Di seguito vengono riassunte le principali problematiche relative alla interazione degli operatori del comparto con i macchinari in uso e con l'ambiente di lavoro, condizionato dalla presenza di inquinanti e da situazioni organizzative.

Per favorire una corretta "politica" gestionale della sicurezza, tali potenziali rischi sono riportati in ordine decrescente per ciò che riguarda il loro potenziale impatto con il lavoratore; sono anche indicate alcune precauzioni di carattere generale, tendenti a limitare l'instaurarsi di fenomeni infortunistici e di malattie professionali.

a) Esposizione a silice libera cristallina respirabile

L'impiego di argilla, costituente base di tutti i materiali ceramici, implica inevitabilmente l'inalazione di polveri, e fra queste anche quelle di quarzo, che dal punto di vista tossicologico rappresenta il principale problema.

Uno specifico monitoraggio nelle ditte ombre ha fornito un valore espositivo della concentrazione media di silice libera cristallina respirabile di 0,047 mg/m³, valore prossimo al livello di azione (0,05 mg/m³).

- Valori medi di esposizione superiori al livello di azione interessano gli addetti alla preparazione dei pani di argilla, gli addetti al colaggio e alla foggatura a mano.
- Nella fascia compresa fra il livello di azione e la sua metà rientra l'esposizione degli addetti allo stampaggio alla pressa, alla smaltatura/vetrinatura e al carico/scarico forni.
- Valori espositivi medi inferiori riguardano i decoratori a mano, agli addetti alla preparazione degli stampi in gesso e al lavoro in magazzino.

I rischi associati all'esposizione a silice libera cristallina sono da lungo tempo ben noti; recentemente, oltre al problema legato alla specifica patologia (silicosi), lo IARC ha classificato la silice libera cristallina tra le sostanze caratterizzate da azione cancerogena (classe A1). Nonostante ciò, si è riscontrato come difficilmente i lavoratori siano pienamente consci di tali rischi, e quindi non mettano in atto le necessarie precauzioni per ridurre l'entità dell'esposizione. In particolare, spesso i lavoratori operano con abbigliamento impolverato che forse è fonte di diffusione di quantità di polveri respirabili confrontabili con quelle della lavorazione stessa. Si è infatti riscontrato che sarebbe sufficiente prevedere una sistematica pulizia dei locali e macchinari, cadenzata con maggiore frequenza, e l'utilizzo di grembiuli a perdere (da sostituire giornalmente), per ridurre notevolmente l'entità delle esposizioni, soprattutto relative agli addetti alle lavorazioni del "crudo" che inaspettatamente (visto che si tratta di operazioni ad "umido") rappresentano le fasi più a rischio di tale produzione.

b) Interazione uomo-macchina

L'impiego di macchinari comporta necessariamente un potenziale rischio di infortunio. Fra le varie macchine utilizzate, le situazioni più critiche sono relative soprattutto:

- alla gestione della macchina impastatrice-degassatrice (possibile presa e trascinarsi delle mani del lavoratore nei rulli della macchina);
- all'impiego delle presse di stampaggio (possibile schiacciamento del sistema mano-braccio nella fase di inserimento della pasta negli stampi);
- all'utilizzo dell'agitatore per smalti (possibile contatto di parti del corpo con le pale in moto della macchina);

- alla movimentazione con carrelli elevatori (infortuni per il rovesciamento dei carichi o investimento di altri operatori), in particolare a causa dell'esiguità degli spazi a disposizione.

Ricorrendo ad una specifica matrice per la valutazione dei rischi, è risultata una priorità di intervento sulle macchine impastatrici/degassatrici e sulle presse di stampaggio. Infatti, si è riscontrato che frequentemente i macchinari in questione presenti nei laboratori ceramici sono in esercizio da molti anni e non rispettano le attuali normative di sicurezza.

Inoltre, è da rilevare che le macchine usate solo sporadicamente spesso non sono oggetto di adeguata manutenzione.

c) Pericoli relativi agli impianti elettrici, pericoli di incendio ed esplosione

I pericoli derivanti da impianti e apparecchiature elettriche sono quelli tipici che si possono riscontrare nella generalità degli opifici.

La potenzialità dei forni alimentati a metano è in genere superiore a 100 000 kcal/h e l'attività è quindi soggetta al rilascio del Certificato Prevenzione Incendi da parte dei Vigili del Fuoco. Per ovviare alle possibili cause di malfunzionamento dei forni (valvola di intercettazione sulla tubazione di adduzione del gas al bruciatore, dispositivi automatici di sicurezza totale per l'interruzione del flusso di gas in caso di spegnimento della fiamma, ecc), la manutenzione deve essere sempre affidata a personale specializzato di fiducia. Particolare attenzione deve essere posta per evitare che i materiali combustibili e/o infiammabili presenti nei luoghi di lavoro (per es. i materiali di imballaggio) siano depositati, anche temporaneamente, nelle immediate vicinanze dei forni.

d) Ergonomia

La maggiore criticità riguardo i problemi posturali interessa in particolare:

- il settore delle decorazioni, in cui gli operatori facilmente tendono a posizionarsi in maniera scorretta;
- il settore stampaggio alle presse, dove gli addetti lavorano per tutto il tempo in piedi con movimenti ripetuti degli arti superiori.

Da segnalare, inoltre, la quasi sempre non adeguata illuminazione, di particolare importanza soprattutto nei reparti di rifinitura e decoro.

Mentre per il settore stampaggio è consigliabile una organizzazione che preveda pause di riposo, i problemi posturali potrebbero essere più contenuti utilizzando specifiche sedie ergonomiche che agevolino un corretto posizionamento del corpo.

e) Microclima

Le condizioni microclimatiche degli ambienti di lavoro sono quasi sempre insoddisfacenti (in nessun laboratorio ceramico esistono sistemi di climatizzazione nei reparti di produzione) e tali da ingenerare alterazioni del benessere termico dei lavoratori. In particolare, sono da evidenziare le condizioni del locale che ospita i forni di cottura, dove i lavoratori sono soggetti a significativi gradienti termici sia in estate che in inverno. Per ovviare a tale situazione si dovrebbe prevedere una localizzazione dei forni isolata dai reparti di produzione.

f) Esposizione a fibre ceramiche refrattarie (FCR) respirabili

L'impiego di FCR (classificate fra le "sostanze che dovrebbero considerarsi cancerogene per l'uomo", categoria 2 del D.M. 1/9/1998) per la coibentazione a vista dei forni di cottura richiede:

- l'adozione di tutte le precauzioni necessarie a ridurre al minimo la dispersione nell'ambiente;
- la specifica informazione ai lavoratori sul rischio;
- l'apposizione dell'opportuna segnaletica informativa in prossimità dei forni;
- il controllo periodico dello stato di conservazione dei materassini di fibra;
- un programma di manutenzione che preveda l'intervento di operatori di ditte esterne specializzate.

Mentre non è stata riscontrata nessuna situazione critica riguardo l'inalazione di fibre respirabili durante le operazioni di carico e scarico del carrello dal forno, risultano situazioni espositive critiche sia durante le operazioni di pulizia della superficie coibente dal pulviscolo di terracotta (comunque poco frequenti) sia durante le manutenzioni della stessa superficie. Queste operazioni dovrebbero essere svolte o da ditte specializzate o ricorrendo a specifiche precauzioni per isolare gli operatori dall'atmosfera contaminata.

g) Movimentazione manuale dei carichi

Le operazioni di movimentazione manuale normalmente non presentano particolari situazioni di rischio, essendo in genere di breve durata, comportando solo raramente la movimentazione di oggetti pesanti, o di grandi dimensioni, o a spigoli vivi. E' da segnalare, tuttavia, che i locali di lavoro in genere non sono ottimali per la movimentazione, con spazi spesso eccessivamente ristretti.

h) Agenti fisici rumore e vibrazioni

A parte alcune situazioni particolari, i livelli di esposizione personale a rumore non sono elevati, mancando, in genere, macchine particolarmente rumorose. Si ritiene, invece, di poter escludere del tutto la problematica dovuta all'esposizione a vibrazioni.

i) Esposizione a metalli pesanti

Attualmente il problema dell'esposizione al piombo e agli altri metalli pesanti, legato all'impiego di smalti, vetrine e pigmenti colorati, limitatamente alla produzione di particolari "pezzi storici", risulta notevolmente ridimensionato rispetto al passato, anche se non del tutto scomparso.

Nel caso di specifiche produzioni di manufatti che richiedono l'impiego di smalti o pigmenti a base di tali sostanze, si dovranno verificare, soprattutto dal punto di vista sanitario, possibili estemporanee intossicazioni degli addetti, utilizzando, tuttavia, anche specifiche protezioni individuali per evitare soprattutto il contatto.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH): PARTICLE SIZE-SELECTIVE SAMPLING IN THE WORKPLACE. ACGIH, Cincinnati, 1985.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH): THRESHOLD LIMIT VALUE FOR CHEMICAL SUBSTANCES AND PHYSICAL AGENTS – BIOLOGICAL EXPOSURE INDICES 2000. ACGIH, Cincinnati, 2000.

CASCIANI G., RIPANUCCI G., VERDEL U.: LA SILICE LIBERA IN NATURA E NEI PRODOTTI ARTIFICIALI. Collana di monografie tecniche sulle malattie professionali, edizioni INAIL, 1982, n. 1, pp. 1-106.

CAVARIANI F., DE ROSSI M., NARDI P., MOSCATELLI L., PIZZELLA G.: LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A FIBRE CERAMICHE: INDIRIZZI E ASPETTI ORGANIZZATIVI – MODELLO PROPOSTO PER GLI IMPIANTI INDUSTRIALI. Atti delle Giornate di Corvara, 7° Convegno di Igiene Industriale AIDII, 21-23 Marzo 2001, pp. 159-164.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO): AIR QUALITY PARTICLE SIZE FRACTION DEFINITIONS FOR HEALTH-RELATED SAMPLING. Approved for publication as CD 7708, Geneva, 1991.

VILLAVECCHIA V., EIGENMANN G.: NUOVO DIZIONARIO DI MERCEOLOGIA E CHIMICA APPLICATA. Hoepli editore, Milano, 1977.