

Indagine ambientale in un laminatoio per lamiere pesanti*

*Environmental analysis in a rolling mill for heavy plates**

A. Borroni, B. Mazza, G. Nano

Istituto di Chimica-fisica, Elettrochimica e Metallurgia

Gruppo per gli studi sui sistemi di produzione e sul lavoro, Politecnico di Milano

Si è condotta un'indagine ambientale in un laminatoio per la produzione di lamiere pesanti, avendo come obiettivi principali quelli di verificare l'efficacia protettiva delle cabine di lavoro e, nel caso della gabbia di laminazione, di ricercare la correlazione tra legge di produzione dei particolati e loro propagazione nell'ambiente. A tale scopo si sono effettuate rilevazioni di microclima, rumore e polveri usando apparecchiature e tecniche differenti e mirate all'obiettivo prefissato. I risultati portano ad evidenziare criteri idonei alla progettazione di alcune bonifiche ambientali.

Principal objectives of this environmental analysis concern the control of protection effectiveness in working stands and, regarding the rolling stand, to find out the correlation between dust production law and its diffusion in the work environment. To accomplish this, microclimate, noise and dust measurements have been conducted, using various instruments and techniques. The results emphasize criteria useful for environmental improvements.

Il laminatoio oggetto dell'indagine è adibito alla produzione di lamiere medie e grosse (da 5 a 100 mm) a partire da bramme e lingotti. La capacità produttiva è di 450.000 t/anno. Esso è inserito a valle di una acciaieria elettrica dove vengono prodotti acciai al carbonio di uso generale, acciai speciali al carbonio e acciai legati. Le lamiere sono destinate a impieghi per costruzioni e carpenteria.

L'indagine effettuata prende in considerazione l'impianto a partire dal magazzino bramme e lingotti fino alla finitura, escludendo le successive lavorazioni (trattamenti termici, tagli a misura, controlli, riparazioni, sabbatura, verniciatura, linee di ossitaglio per le lamiere superiori ai 40 mm di spessore).

Gli addetti dell'intero reparto laminatoio sono 360; quelli che lavorano sugli impianti presi in considerazione dall'indagine sono circa 150: essi lavorano per la maggior parte su 3 turni giornalieri con 3 squadre, per 15 turni settimanali, e sono interessati da notevole mobilità verticale.

1. Schema degli impianti e successione delle operazioni

Lo schema a blocchi (Fig. 1) individua la successione delle operazioni eseguite. Oltre al flusso principale vie-

The rolling mill of our analysis, fed with slabs and ingots, is used for heavy and medium plate production (from 5 to 100 mm). The productive capacity is 450,000 tons per year. The rolling mill is the following stage of production after an electric steel-works where carbon steel for general use, special carbon steel and alloy steel are produced. The plates are used for general purposes and structural work.

The study will examine a plant beginning from storage to finishing, omitting the subsequent processings (heat treatments, sizings, inspections, grindings, sand-blasting, painting, oxygen cutting lines for plates 40 mm thick or more).

The number of workers in the rolling mill is 360, but there are approx. 150 in the plants of our analysis. They generally work in 3 teams, 3 shifts a day for 15 shifts a week; they are subject to a high vertical mobility.

1. Plant scheme and sequence of operations

Block diagram (Fig. 1) points out the sequence of executed operations.

Besides the principal flow, the scheme shows a possibility for plates (40 mm thick or more), after the rolling stand, to be shifted to the oxygen cutting lines instead of the hot cutting shears, and also a possibility

* Memoria presentata al XIX Convegno Nazionale AIM, Torino, 30-31 ottobre 1980.

* Paper presented at the XIX AIM National Meeting, Torino 30-31 October 1980.

ne indicata la possibilità che le lamiere (superiori a 40 mm) dopo la gabbia di laminazione non passino alla ce-soia a caldo, ma vengano trasferite alle linee di ossitaglio, nonché la possibilità che le lamiere vengano avvia-

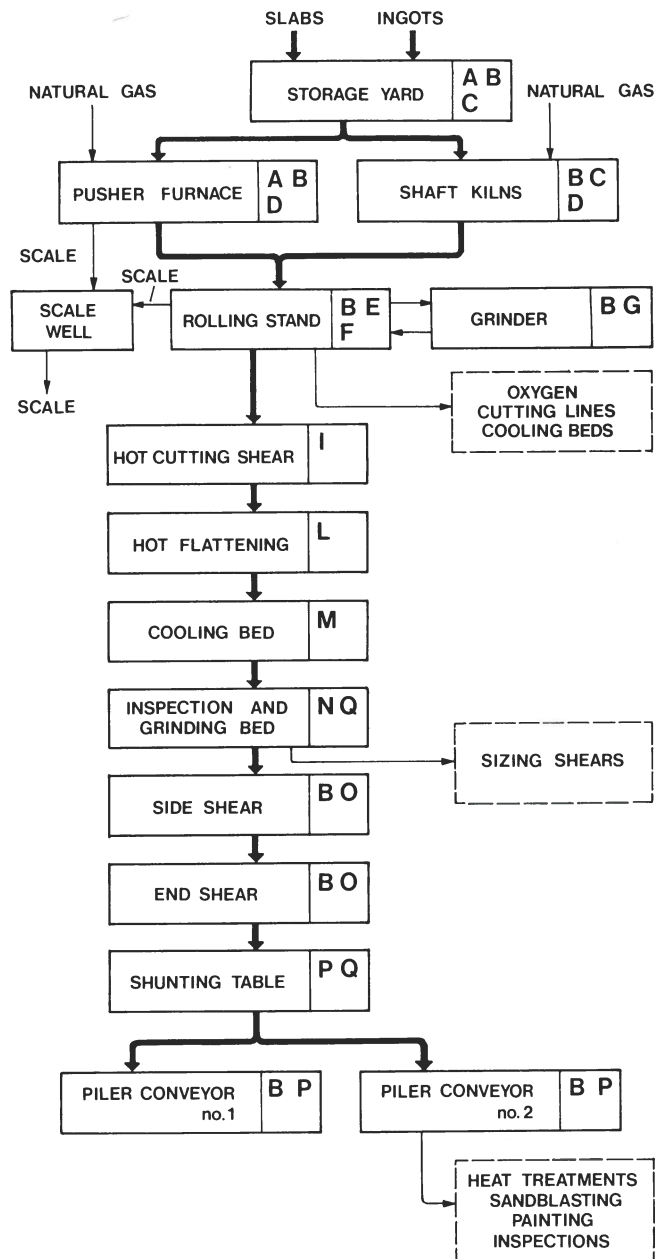


Fig. 1 - Schema degli impianti e relative mansioni.

A. magazzino; B. gruista; C. manovratore coperchi forni a pozzo; D. addetto forni; E. manovratore laminatore; F. manovale pulizia treno; G. addetto attrezzature e rettifica; H. addetto sala macchine; I. tracciatore a dividere; L. manovratore spianatrice; M. manovratore piano di raffreddamento; N. addetto ispezione e riparazione; O. addetto finitura; P. addetto ritiro produzione; Q. addetto prove non distruttive.

Fig. 1 - Plant scheme and respective jobs.

A. store-keeper; B. crane-man; C. shaft kiln cover operator; D. furnace tender; E. rolling operator; F. mill cleaning workman; G. equipment and grinding operator; H. motor room tender; I. cutting marking operator; L. flattening operator; M. cooling bed operator; N. inspection and grinding operator; O. finishing operator; P. production collecting operator; Q. nondestructive testing operator.

to shift plates to different finishing units after inspection and grinding.

1.1. Reheating area (Fig. 2)

Slabs, charged in double lines into the pusher furnace, reach a temperature of 1300°C, passing through different zones fed by natural gas burners. The furnace is provided with a heat regenerator for outgoing exhaust gases, allowing a preheating of combustion air to 400°C.

To reheat ingots, shaft kilns fed by natural gas are used: only half of these kilns are generally in operation. In case the pusher furnace is out for maintenance or doesn't work, slabs are charged into the shaft kilns. Exhaust gases come out from these furnaces at about 900 ÷ 950°C and are used to preheat combustion air to about 400°C.

Control and inspection equipment of some of the shaft kilns is located along the corridor nearly shaft kilns, while the other equipment is inside a stand at the pusher furnace exit where the normal progression of slabs into the pusher furnace is controlled by closed circuit television.

1.2. Rolling area (Fig. 3)

The rolling area presents a 4-high reversible stand, provided with a pressure spray system for roll cooling and a high pressure water plant for descaling.

Motors and electrical equipment are placed in an adjoining room. The principal motor works on rolling cylinders. Secondary motors work on vertical rolls as well as lining up, rolling and progression systems.

Working rolls are made of cast iron, while the support ones are of steel. Surfaces are restored in a roll shop by a grinding work.

Every rolling cycle lasts from 2 to 10 min, depending on the material and final thickness.

1.3. Finishing area (Fig. 4)

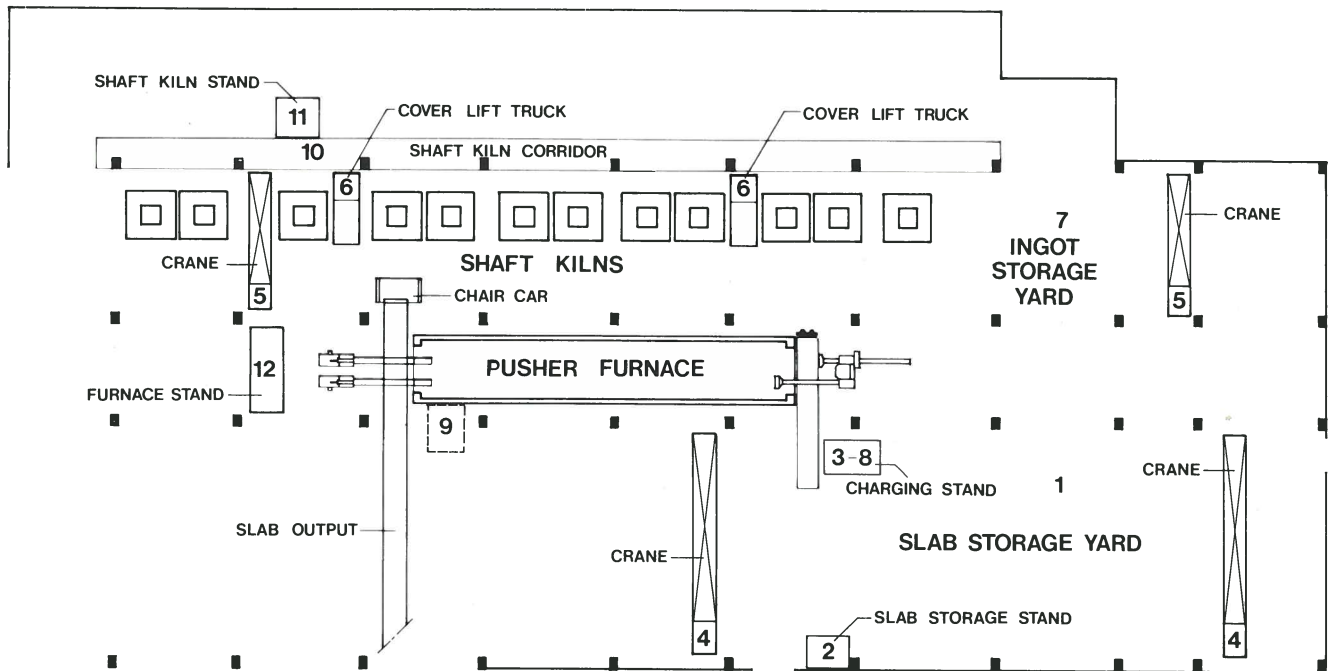
The cycle in question refers to plates 40 mm thick or less.

At the exit of the rollings stand, plates are conveyed to hot cutting shear where tolerance cutting takes place.

After the hot flattening, products are collected from the roller conveyor by a jack chain and shifted onto a cooling bed equipped with water and air sprays.

The next inspection bed is furnished with a plate turnover device, allowing a visual inspection of defects on the plate surface; these defects are eliminated by grinder and torch.

Side shearing and finishing follow. In this phase plates are cut to the required sizes, and then marked and tested. From the shunting table, plates are shifted towards piler conveyors and collected by a magnetic crane.



A. Magazziniere: 1. magazzino bramme: coordinamento deposito, segnatura codice e mezzaria per l'allineamento delle bramme all'ingresso del forno a spinta, identificazione dei semiprodotto da inviare al riscaldamento; 2. cabina magazzino bramme: coordinamento ciclo di riscaldamento; 3. cabina informamento forno a spinta: coordinamento sequenza degli informamenti.

B. Gruista: 4. cabina carroponete magazzino bramme: scarico delle bramme dai vagoni, stivaggio, rotazione delle bramme e alimentazione via a rulli; 5. cabina carroponete magazzino lingotti: scarico lingotti dai vagoni, stivaggio, caricamento forni a pozzo, estrazione semiprodotto dai forni, deposito nel carro sedia, raffreddamento pinza;

C. Manovratore coperchi forni a pozzo: 6. carrello alza coperchi: manovra coperchi forni a pozzo; 7. magazzino lingotti: coordinamento deposito, identificazione dei lingotti stivati.

D. Addetto forni: 8. cabina informamento forno a spinta: manovra via a rulli e spintori di caricamento, apertura forno, controllo del corretto avanzamento delle bramme; 9. sotterraneo forno a spinta: estrazione e raccolta della scaglia in cassoni; 10. corridoio forni a pozzo: conduzione della fase di riscaldamento, controllo della temperatura e regolazione della combustione, ispezioni visive dei lingotti in riscaldamento; 11. cabina forni a pozzo: coordinamento ciclo di riscaldamento dei lingotti; 12. cabina controllo forno a spinta e forni a pozzo: controllo del riscaldamento mediante la strumentazione, sfornamento forno a spinta in caso di incagli, controllo del corretto avanzamento dei semiprodotto sulla via a rulli.

A. Store-keeper: 1. slab storage yard: store coordination, code and middle line marking to line up slabs at the pusher furnace entrance, semis identification to be reheated; 2. slab storage stand: reheating run coordination; 3. charging stand for pusher furnace: charging sequence coordination.

B. Craneman: 4. slab storage crane stand: slab discharge from cars, stowage, slab turning and roller conveyor feeding; 5. ingot storage crane stand: ingot discharge from cars, stowage, shaft kiln charging, semis hoisting from furnaces, storing into the chair car, nippers cooling.

C. Shaft kiln cover operator: 6. cover lift truck stand: shaft kiln cover operation; 7. ingot storage yard: store coordination, stowed ingot identification.

D. Furnace tender: 8. charging stand for pusher furnace: roller conveyor and charging pusher operations, furnace opening, slab progression control; 9. pusher furnace cellarage: descaling and scale collecting in cases; 10. shaft kiln corridor: reheating management, temperature control and combustion settling, ingot inspections in reheating; 11. shaft kiln stand: coordination in ingot reheating run; 12. furnace stand: reheating control by instruments, pusher furnace emptying in case of strands, semis progression control on roller conveyor.

Fig. 2 - Area riscaldamento: i numeri indicano le posizioni di lavoro occupate dagli addetti (a tale numerazione si fa riferimento per indicare la posizione delle rilevazioni ambientali).

Fig. 2 - Reheating layout: numbers state positions occupied by workmen (these numbers will be used to refer to environmental measurement positions).

te ad altre linee di finitura dopo l'ispezione e l'eventuale riparazione.

1.1. Area riscaldo (Fig. 2)

Le bramme, caricate in duplice fila nel forno a spinta, vengono portate alla temperatura di 1300°C attraverso il passaggio in varie zone alimentate da bruciatori a metano. Il forno è dotato di recuperatore per il calore dei fumi in uscita, con preriscaldamento dell'aria di combustione a 400°C.

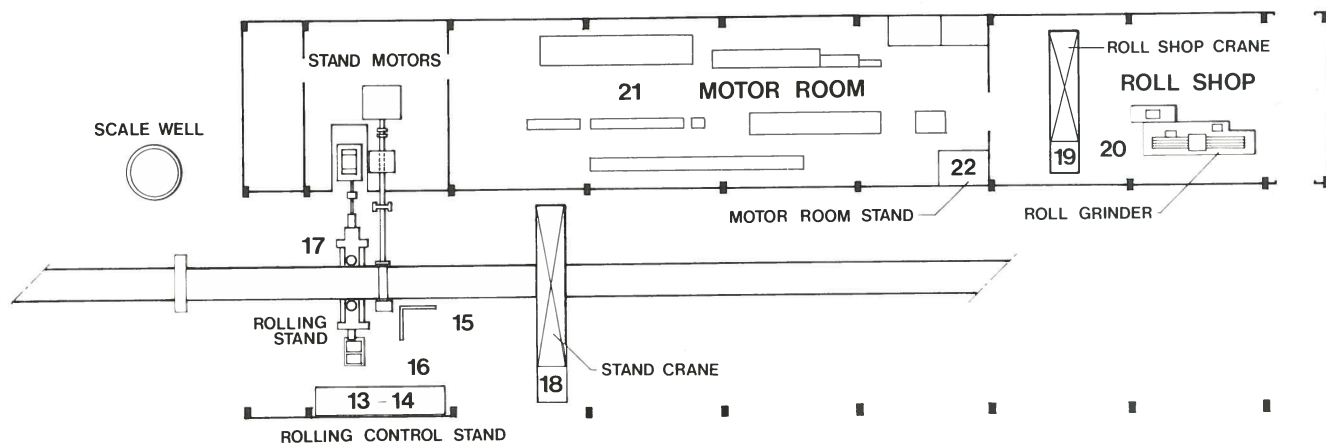
Per il riscaldamento dei lingotti sono utilizzati dei forni a pozzo, pure alimentati a metano. Dei forni presenti, ne lavora normalmente la metà. Nel caso il forno a spinta sia in manutenzione o comunque non funzionante, an-

2. Measurements and result evaluation

Principal objectives of our study of the above-described work environment don't concern particularly the risk evaluation for employees' health (measurements of contaminants conducted with an hygienistic purpose specifying exposure times), but are primarily directed to provide results which can be used with other data in a possible improvement project, or considered for environment controlling.

Therefore measurements have been directed particularly to check work stands as well as to describe work environment with the objective of finding out the most critical areas.

Concerning the rolling stand, the correlation between working cycle, contaminant production and its diffu-



E. Manovratore laminatore: 13. cabina laminazione: ribaltamento del carro sedia nel caso di lingotto, comando della via a rulli di alimentazione alla gabbia, controllo del corretto avanzamento del semiprodotto, manovra dei rulli verticali di posizionamento e di contenimento, comando della scagliatura regolando pressione e durata del getto d'acqua; 14. cabina laminazione: manovra dei rulli orizzontali di laminazione, regolazione pressione dei cilindri, manovra dei rulli di allineamento all'uscita, comando via a rulli dalla gabbia alla cesoia a caldo; 15. uscita gabbia: misura dello spessore con calibro e segnalazione al manovratore; 16. esterno cabina laminazione: controllo dati di produzione su video.

F. Manovratore pulizia treno: 17. gabbia di laminazione: cambio cilindri e attrezzature, pulizia.

B. Gruista: 18. cabina carro ponte gabbia: cambio cilindri e attrezzature, disincagli delle lamiere; 19. cabina carro ponte officina: movimentazione cilindri e attrezzature.

G. Addetto attrezzature e rettifica: 17. gabbia di laminazione: cambio cilindri e attrezzature; 20. officina: ripristino cilindri alla rettifica, controllo dell'utensile durante la lavorazione, prove idrauliche di tenuta.

H. Addetto sala macchine: 21. sala macchine: controllo quadri elettrici e interventi di riparazione; 22. cabina sala macchine: sorveglianza sala macchine.

E. Rolling operator: 13. rolling control stand: chair car turnover, roller conveyor operation, semis progression control, vertical roll operation to square and center plate, descaling operation by settling water pressure and spray time; 14. rolling control stand: horizontal roll operation, roll pressure settling, roll operation to line up coming out plates, roller conveyor operation from stand to hot cutting shear; 15. stand exit: thickness measurement by gage and pointing to rolling operator; 16. outside rolling control stand: production data video-control.

F. Mill cleaning workman: 17 rolling stand: roll and equipment replacement, cleaning.

B. Craneman: 18. mill crane stand: roll and equipment replacement, plate extraction in case of strands; 19. roll shop crane stand: roll and equipment handling.

G. Equipment and grinding operator: 17. rolling stand: roll and equipment replacement; 20. roll shop: roll restoration by grinding, tool control during machining, hydraulic packing tests.

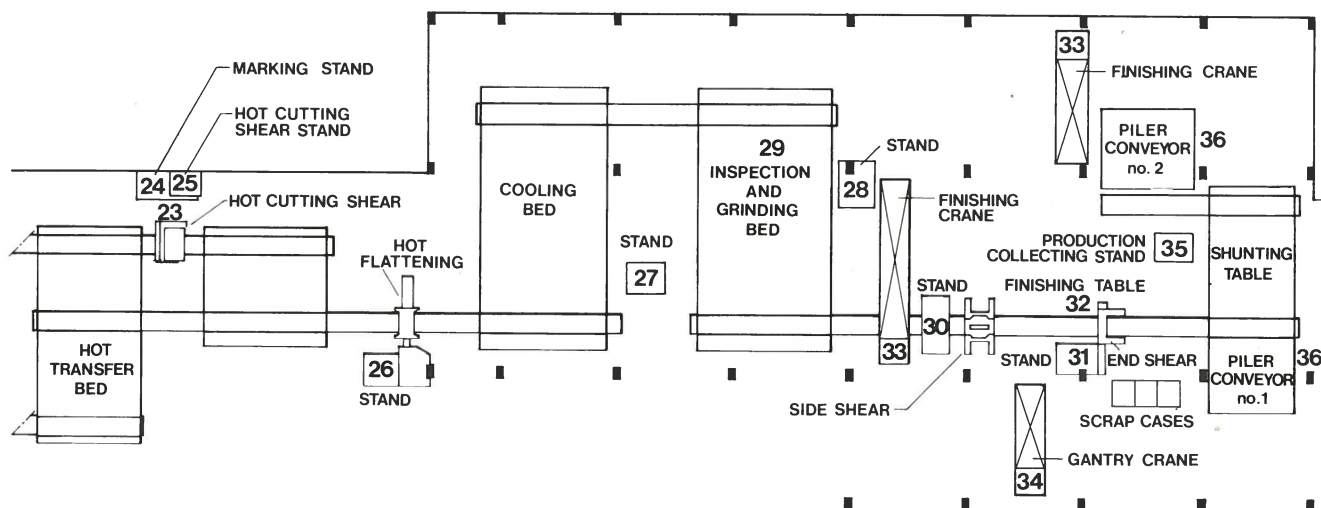
H. Motor room tender: 21. motor room: electric panel checking and maintenance; 22. motor room stand: motor room supervision.

Fig. 3 - Area laminazione: i numeri indicano le posizioni di lavoro occupate dagli addetti (a tale numerazione si fa riferimento per indicare la posizione delle rilevazioni ambientali).

Fig. 3 - Rolling layout: numbers state positions occupied by workmen (these numbers will be used to refer to environmental measurement positions).

che le bramme vengono caricate nei forni a pozzo. I fumi escono da tali forni a circa $900 \div 950^{\circ}\text{C}$ e vengono utilizzati per preriscaldare l'aria di combustione a circa 400°C .

sion in the environment has been examined: this permits the singling out of the most critical stages and the evaluation of the delay time between the working phase and the contaminant presence at a certain distance.



I. Tracciatore a dividere: 23. cesoia a caldo: spuntatura, segnatura, taglio a tolleranza; 24. cabina tracciatore: registrazione dati di produzione; 25. cabina cesoia a caldo: comando rulli di avanzamento, posizionamento della lamiera, comando della cesoia.

L. Manovratore spianatrice: 26. cabina spianatrice a caldo: controllo dei dati di spessore, manovra di scorrimento della lamiera dalla cesoia, posizionamento, spianatura, invio al raffreddamento.

M. Manovratore piano raffreddamento: 27. cabina piano di raffreddamento: comando dello scorrimento, raffreddamento mediante spruzzaggio di acqua.

N. Addetto ispezione e riparazione: 28. cabina piano di ispezione: comando dello scorrimento e ribaltamento lamiera sul piano di ispezione; 29. piano di ispezione: ispezione della lamiera e molatura di piccoli difetti.

O. Addetto finitura: 30. cabina rifilatrice: verifica dell'allineamento della lamiera mediante lampade, comando dei rulli di invio alle cesoie e della rifilatura laterale, controllo dello scarico degli sfridi; 31. cabina cesoia finitrice: comando scorrimento, controllo mediante telecamere della posizione, comando spuntatura e tagli a misura; 32. piano di finitura: coordino della finitura, identificazione e punzonatura, recupero sfridi.

B. Gruista: 33. cabina carroponte finitura: evacuazione sfridi della rifilatura, assistenza cesoie rifilatrice e finitrice; 34. cabina carroponte a portale: evacuazione sfridi della finitura, carico autocarri e carri ferroviari.

P. Addetto ritiro produzione: 35. cabina ritiro produzione: comando piano di smistamento e invio all'impilatore n. 1 (spedizioni) e all'impilatore n. 2 (trattamenti termici e lavorazioni successive); 36. impilatori: controllo dell'impilamento e inserimento di listelli di legno per la separazione delle diverse partite, indicazioni al gruista sulle lamiera da movimentare.

I. Cutting marking operator: 23. hot cutting shear: cropping, marking, tolerance cutting; 24. marking stand: production data recording; 25. hot cutting shear stand: progression roll operation, plate centering, shear operation.

L. Flattening operator: 26. hot flattening stand: thickness data checking, plate shifting operation from shear, centering, flattening, shifting to cooling;

M. Cooling bed operator: 27. cooling bed stand: shifting and cooling by water spray operation.

N. Inspection and grinding operator: 28. inspection bed stand: shifting and plate turnover on inspection bed operation; 29. inspection bed: plate inspection and defect grinding.

O. Finishing operator: 30. side shear stand: plate lining up inspection by lamps, shifting to shears and side shearing operation, scrap discharge inspection; 31. end shear stand: shifting operation, centering video-control, cropping and sizing cut operation; 32. finishing table: finishing coordination, marking and punching, scrap collection.

B. Craneman: 33. finishing crane stand: side shearing scrap evacuation, assistance to side and end shears; 34. gantry crane stand: end shearing scrap evacuation, truck and car loading.

P. Production collecting operator: 35. production collecting stand: shunting table operation, feeding piler conveyor no. 1 (shipments) and piler conveyor no. 2 (heat treatments and subsequent processings); 36. piler conveyors: piling control and wooden joist inserting to keep separate different lots, pointing at plates to handle.

Fig. 4 - Area finitura: i numeri indicano le posizioni di lavoro occupate dagli addetti (a tale numerazione si fa riferimento per indicare la posizione delle rilevazioni ambientali).

Fig. 4 - Finishing layout: numbers state positions occupied by workmen (these numbers will be used to refer to environmental measurement positions).

Gli strumenti di regolazione e controllo di una parte dei forni a pozzo sono posti lungo il corridoio adiacente ai forni stessi; i restanti strumenti sono ubicati nella cabina all'uscita del forno a spinta, dove viene anche controllato mediante televisione a circuito chiuso il regolare avanzamento delle bramme allineate nel forno a spinta medesimo.

1.2. Area laminazione (Fig. 3)

La gabbia di laminazione è del tipo a quarto reversibile, dotata di sistema a doccia per il raffreddamento dei cilindri e di impianto per la scagliatura con acqua ad alta pressione.

I motori e le attrezzature elettriche del laminatoio sono collocati in una sala adiacente. Il motore principale agisce sui cilindri di laminazione. Motori secondari agiscono sui cilindri verticali e sui sistemi di allineamento, rotazione e avanzamento.

I cilindri di lavoro sono realizzati in ghisa, quelli di sostegno in acciaio. Nell'officina vengono ripristinate le superfici mediante rettifica.

2.1. Microclimate

Microclimate measurements over the full extension of the department have been conducted during winter time as well as summer time (Tables I and II).

To evaluate microclimate in work stands we refer to thermal comfort standards based on statistical observations. We use as indexes the effective temperature (ET) — or the correct effective temperature (CET) in work positions subject to radiant heat ⁽¹⁾ — and the relative humidity. Regarding this latter index, we refer to the range between 40 and 60% as the state of maximum comfort. Besides physiological reasons, this choice depends on the fact that, in this range, the variations of humidity are felt much less.

The thermal comfort field shown in Fig. 5 for the worker's activity conditions and clothing is close to Fanger reference criteria ⁽²⁾. On the other hand, the Ashrae 55-66 Standard ^(1,3) from which our diagram results, considers acceptable environmental conditions very similar to Fanger's.

Looking at Fig. 5, it is noted that during winter time, situations are not completely satisfactory as, even if

TABELLA I - Rilievi di microclima nel periodo invernale (27/2/1980).

TABLE I - Microclimate measurements in winter (Feb. 27th, 1980). Numbers state working positions occupied by workmen (Figs. 2,3,4). T_D = dry-bulb temperature ($^{\circ}C$), T_W = wet-bulb temperature ($^{\circ}C$), H = relative humidity (%), V = air velocity (m/s), ET = effective temperature ($^{\circ}C$).

Outside	Atmospheric condition	Time	T_D	T_W	H	V	
shadow	clear	9:25	7	3.5	55	0.3 ÷ 0.5	
»	»	10:20	8.5	5	56	1.5 ÷ 2	
»	»	11:00	9.5	6.5	65	< 0.05	
»	»	11:35	10	6.5	60	0.3 ÷ 0.5	
»	»	13:20	12.5	8	53	0.1 ÷ 0.5	

Position	Notes	Time	T_D	T_W	H	V	ET
<i>Reheating area</i>							
1 slab storage yard	nearby pusher furnace entrance	9:35	8	5	63	0.5 ÷ 2	6
2 slab storage stand	heating on	10:50	15.5	9	41	< 0.05	14
4 slab storage crane stand	heating on	10:45	24.5	12	19	< 0.05	20
5 ingot storage crane stand	open furnace	11:00	30	19	35	< 0.05	24.5
9 pusher furnace cellarage	shaft kiln side	10:15	31	19.5	33	< 0.05	25
9 pusher furnace cellarage	slab exit side	10:18	28	19	43	< 0.05	23.5
10 shaft kiln corridor	working shaft kiln	9:42	15	8	36	< 0.05	13
11 shaft kiln stand	heating on	10:00	30.5	13.5	10	0.1 ÷ 0.5	23
12 furnace stand	heating on	10:08	26.5	13	17	< 0.05	21
outside furnace stand	center room	10:10	10	6.5	60	< 0.05	9.5
<i>Rolling area</i>							
13, 14 rolling control stand	air conditioning on	10:10	25	10.5	10	< 0.05	20
16 outside rolling control stand	sheltered position	9:45	13	7.5	45	< 0.05	12
20 roll shop	closed doors, center room	11:30	14.5	8	39	< 0.05	13
21 motor room	center room	11:05	23.5	11.5	20	1.5 ÷ 2	17
22 motor room stand	=====	11:08	24.5	12.5	21	< 0.05	20
<i>Finishing area</i>							
23 hot cutting shear	plate marking	11:25	18	10.5	38	0.5 ÷ 1	16
24 marking stand	=====	11:20	22	12	28	< 0.05	18.5
25 hot cutting shear stand	heating off	11:18	24.5	13	24	< 0.05	20
26 hot flattening stand	hot plates	13:00	18.5	9.5	28	< 0.05	16
32 finishing table	cold plates, center room	13:50	18.5	9.5	28	< 0.05	16
shunting table	center room	13:55	14.5	8	39	0.5 ÷ 1	10.5

Ogni ciclo di laminazione dura dai 2 ai 10 min, in dipendenza del materiale e dello spessore da ottenere.

1.3. Area finitura (Fig. 4)

Il ciclo preso in esame è quello relativo alle lamiere con spessore inferiore a 40 mm.

temperature is mostly adequate, the relative humidity is extremely low (10 ÷ 30%). Some measurements, conducted in reheating area stands (positions 2,5 and 11) point out a higher deviation from the acceptable effective temperature, due to the inadequacy of heating systems for the specific requirements of stands.

The diagram of microclimatical situations in summer time (Fig. 5), concerning stands in the reheating area

TABELLA II - Rilievi di microclima nel periodo estivo.

TABLE II - Microclimate measurements in summer. Numbers state working positions occupied by workmen (Figs. 2,3,4).

T_D = dry-bulb temperature ($^{\circ}$ C), T_R = radiant temperature ($^{\circ}$ C), T_W = wet-bulb temperature ($^{\circ}$ C), H = relative humidity (%), V = air velocity (m/s), ET = effective temperature ($^{\circ}$ C), CET = correct effective temperature ($^{\circ}$ C).

Outside	Atmospheric condition	Date	Time	T_D	T_W	H	V
shadow	clear	July 25th, 1980	9:25	24.5	19	60	0.3 ÷ 0.5
»	»	»	10:06	26.5	21	60	0.1 ÷ 0.5
»	»	»	11:40	30	22	50	0.3
»	»	»	12:25	28.5	21.5	53	<0.05
shadow	clear	July 27th, 1980	11:40	30	22	50	0.3
shadow	clear, windy	July 28th, 1980	9:12	24	19.5	59	1 ÷ 1.2
»	» »	»	9:54	25	20	63	1 ÷ 2.5
»	» »	»	10:38	27	21.5	62	3

Position	Notes	Date	Time	T_D	T_R	T_W	H	V	ET (CET)	
<i>Reheating area</i>										
1	slab storage yard	center room	July 25th, 1980	9:42	26	—	21	64	0.2 ÷ 0.3	23.5
2	slab storage stand	open door	»	9:40	26	—	20.5	67	<0.05	23.5
3	charging stand for pusher furnace	air conditioning on	»	9:46	26.5	—	18	43	<0.05	22.5
	catwalk between furnaces	center room	»	9:51	29.5	—	21.5	50	0.5 ÷ 1	24.5
4	slab storage crane stand	no air conditioning	»	10:08	27.5	—	21	56	<0.05	24.5
5	ingot storage crane stand	ingot handling, air conditioning on	»	12:10	36	56	25	41	<0.05	29 (32.5)
5	ingot storage crane stand	no ingot, air conditioning on	»	12:15	31	48	22	45	<0.05	26 (30.5)
6	cover lift truck stand	air conditioning on	»	12:09	34	—	26	53	<0.05	29
9	pusher furnace cellarage	shaft kiln side	»	9:58	34	—	23	39	0.1 ÷ 0.5	27.5
9	pusher furnace cellarage	slab exit side	»	10:00	40	—	25.5	31	0.3 ÷ 0.5	30
10	shaft kiln corridor	=====	»	12:10	33	—	25	52	0.5	27.5
11	shaft kiln stand	air conditioning on	»	12:04	29	—	22.5	57	<0.05	25.5
12	furnace stand	air conditioning on	»	9:53	23	—	17	55	<0.05	21
	outside furnace stand	closed furnace	»	10:14	27.5	—	21	56	0.1 ÷ 0.2	24
<i>Rolling area</i>										
13, 14	rolling control stand	air conditioning on	July 25th, 1980	10:25	28	—	21	53	<0.05	24.5
	outside rolling control stand	center room	»	10:15	28	—	22	59	1 ÷ 1.5	23.5
15	stand exit	plate at 0.5 m	»	11:29	30	100	21	44	<0.05	(35)
16	outside rolling control stand	sheltered position	»	10:16	29	—	22	54	0.3 ÷ 0.5	25
18	mill crane stand	air conditioning on	»	11:53	29	—	22	54	0.05	25
19	roll shop crane stand	air conditioning on	»	11:44	26	—	20	58	0.5	22.5
20	roll shop	center room	»	11:45	29	—	22	54	0.1 ÷ 0.2	25
21	motor room	center room	»	11:48	34	—	23.5	41	0.1 ÷ 0.6	27.5
22	motor room stand	air conditioning on	»	11:47	26	—	19	51	<0.05	23
<i>Finishing area</i>										
23	hot cutting shear	no plate	July 27th, 1980	11:37	31.5	43	23	48	0.1 ÷ 0.5	(29.5)
23	hot cutting shear	plate marking at 0.5 m	»	11:38	33	105	23	42	<0.05	(36)
24	marking stand	no air conditioning	»	11:38	32	—	24	51	<0.05	27
25	hot cutting shear stand	air conditioning on	»	11:38	32	—	24	51	0.1	27
26	hot flattening stand	hot plate, air conditioning on	»	9:13	23.5	—	15.5	42	<0.05	20.5
27	cooling bed stand	air conditioning on	July 28th, 1980	9:30	23.5	—	17.5	56	<0.05	21
	outside stand	=====	»	9:30	26.5	—	20.5	58	0.5 ÷ 1	22.5
28	inspection bed stand	no air conditioning	»	9:50	26.5	—	21	62	0.1	24
29	inspection bed	outside stand	»	9:38	25.5	—	20	61	0.1 ÷ 0.3	23
30	side shear stand	air conditioning off	»	10:20	26.5	—	21.5	65	<0.05	24
31	end shear stand	air conditioning off	»	10:35	33	—	23.5	45	<0.05	27.5
32	finishing table	=====	»	10:35	27.5	—	21	56	<0.05	24
34	gantry crane stand	no air conditioning	»	10:30	27	—	22.5	68	<0.05	25
35	production collecting stand	air conditioning off	»	10:30	25.5	—	20.5	64	<0.05	23

All'uscita della gabbia di laminazione le lamiere vengono inviate alla cesoia a caldo dove si effettua il taglio a tolleranza.

Dopo la spianatura a caldo i prodotti sono prelevati dalla via a rulli mediante catena trasferitrice e avviati sul piano di raffreddamento, attrezzato con diffusori di acqua e di aria.

Il successivo piano di collaudo è attrezzato con ribaltalamiere che consentono l'ispezione visiva dei difetti superficiali; i difetti individuati vengono eliminati con mola e canello.

Seguono la cesoiatura laterale e la finitura, fase nella quale la lamiera viene tranciata alla misura richiesta, identificata e collaudata. Dal piano di smistamento le lamiere vengono infine avviate a due impilatori a caduta. Il prelievo delle lamiere dalla linea o dalle zone di raccolta è effettuato mediante gru a magnete.

2. Rilevazioni effettuate e valutazione dei risultati

Lo scopo che ci si è prefissi con le misure di inquinanti nell'ambiente di lavoro esaminato, non è stato tanto quello di valutare il rischio per i singoli addetti (misure, cioè, orientate da un punto di vista igienistico, con la precisazione analitica dei tempi di esposizione), quanto piuttosto quello di fornire dati da utilizzare tra quelli di progetto di una eventuale bonifica, o comunque da tenere presenti per un controllo permanente della situazione ambientale.

Le misure sono state quindi prevalentemente orientate alla verifica delle cabine di lavoro e ad una descrizione generale degli ambienti che permettesse di individuare le zone più critiche.

Nel caso della gabbia di laminazione si è indagata la correlazione tra fase di lavorazione, produzione dell'inquinante e sua propagazione nell'ambiente circostante, ciò che consente di individuare le fasi più critiche e di determinare il tempo di ritardo tra fase di lavorazione e presenza dell'inquinante a una data distanza.

2.1. Microclima

Sono state eseguite rilevazioni di microclima su tutta l'estensione del reparto, sia nel periodo invernale che nel periodo estivo (Tabelle I e II).

Per la valutazione del microclima delle cabine di lavoro si è fatto riferimento a criteri di comfort termico basati su considerazioni statistiche. Si è ritenuto di utilizzare come indici la temperatura effettiva (TE), oppure la temperatura effettiva corretta (TEC) in posizioni di lavoro interessate da calore radiante (¹), e l'umidità relativa; e di fare riferimento, in particolare, a un campo di umidità relativa compreso fra il 40 e il 60% come intervallo di massimo comfort. Quest'ultima scelta dipende, oltre che da motivi di natura fisiologica, anche dal fatto che in questo campo si avvertono in misura minore gli sbalzi di umidità.

Il campo di comfort termico che viene individuato (Fig. 5) per le condizioni di attività e di vestiario degli addetti che lavorano in cabina, si avvicina ai criteri di riferimento proposti da Fanger (²). D'altra parte lo Standard Ashrae 55-66 (^{1,3}), dal quale è derivata la rappresenta-

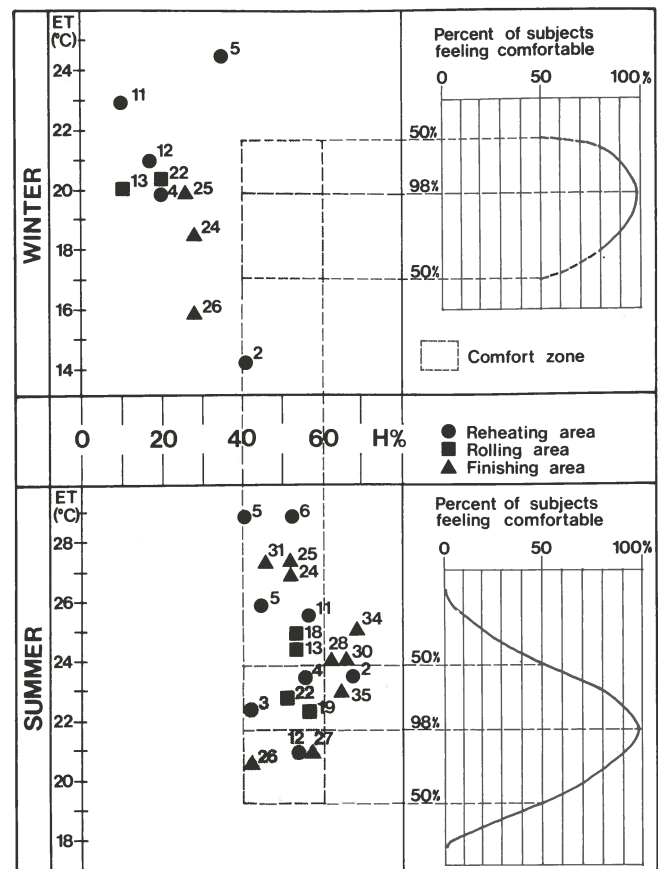


Fig. 5 - Valutazione con criterio statistico delle condizioni microclimatiche delle cabine (velocità dell'aria inferiore a 0,15 m/s). I numeri indicano le posizioni di lavoro occupate dagli addetti.

Fig. 5 - Statistical evaluation of stand microclimatic conditions (air velocity lower 0.15 m/s). Numbers state working positions occupied by workmen.

(positions 5, 6 and 11 involved in ingot movement), stresses the inadequacy of air conditioning systems to guarantee acceptable conditions. The comparison of the measurement conducted inside the shaft kiln stand (position 11) with the measurement conducted immediately outside (position 10) shows an insufficient insulation capacity of this stand to radiant heat. Similar considerations can be applied to the hot cutting shear stands (positions 24 and 25), lacking a suitable air conditioning and inadequate to guarantee a reduction of air temperature measured outside (position 23). On the other hand, almost all stands are provided with an air conditioning which permits the achievement of comfort conditions.

Technically speaking, it is also interesting to compare measurements conducted inside the department (center room positions) with measurements outside the department. Comparing data obtained at the same time, it is noted that the inside-outside temperature drop is constant at $1 \div 2^\circ\text{C}$; at this point, it can be stated that the microclimatic conditions inside the department in positions not influenced by radiant heat, are practically the same as outside conditions.

zione grafica che presentiamo, considera accettabili condizioni ambientali sostanzialmente analoghe a quelle indicate da Fanger. Osservando la Fig. 5 si verifica come, nel periodo invernale, si abbiano situazioni non del tutto soddisfacenti

2.2. Noise

Noise measurements (see Table III) have been conducted with a Brüel and Kjaer phonometer, type 2209, in dBA and dBL scales.

TABELLA III - Rilevazioni di rumore.

TABLE III - Noise measurements. Numbers state working positions occupied by workmen (Figs. 3, 4).

Notes	Position	dBA fast	dBL	dBA peak		
<i>Rolling area</i>						
age hardener steel with high-yield stress, final thickness 7 mm	descaling	{ 13, 14 rolling control stand	73	85	—	
		{ 15 stand exit	92	96	—	
		{ 16 outside rolling control stand	97	102	—	
	rolling	{ 13, 14 rolling control stand	71	86	—	
		{ 15 stand exit	92	99	—	
		{ 16 outside rolling control stand	93	101	—	
age hardener steel with high-yield stress, final thickness 15 mm	descaling	{ 13, 14 rolling control stand	74	87	—	
		{ 16 outside rolling control stand	95	100	—	
	rolling	{ 13, 14 rolling control stand	73	87	—	
		{ 16 outside rolling control stand	92	100	—	
	all motors on, center room	21 motor room	96	101	—	
	all motors on	22 motor room stand	77	86	—	
<i>Finishing area</i>						
age hardener steel with high-yield stress, final thickness 7 mm	plate shifting on roller conveyor	25 hot cutting shear stand	88	89	—	
		outside stand	104	109	—	
		26 hot flattening stand	79	81	—	
		outside stand	96	100	—	
		27 cooling bed stand	74	85	—	
structural steel, final thickness 10 mm	plate shifting on inspection bed	{ 28 inspection bed stand	78	80	—	
		{ outside stand	93	96	—	
	turnover	{ 28 inspection bed stand	—	—	96	
		{ outside stand	—	—	115	
	age hardener steel with high-yield stress, final thickness 10 mm	plate shifting	{ 30 side shear stand	83	86	—
			{ outside stand	101	104	—
cropping		{ 31 end shear stand	86	88	—	
		{ outside stand	89	93	—	
		{ 31 end shear stand	—	—	89	
		{ outside stand	—	—	103	

TABELLA IV - Rilevazioni di rumore.

TABLE IV - Measurements of noise equivalent level (exchange rate $q = 3$).

Overload time states the period during which noise level is 20 dBA higher than damping set for sound level meter during measurement. Numbers state working positions occupied by workmen (Fig. 4).

Position	Notes	Measurement time (h)	Overload time (h)	Damping (dBA)	Equivalent level (dBA)	
29 inspection bed	turnover and shifting	structural steel	0.355	0.0156	90	96.3
		final thickness 10 mm	0.784	0.0459	90	96.5
		structural steel	1.260	0.0501	90	95.8
		final thickness 6 mm	1.398	0.0518	90	95.7
32 finishing table	shifting, cropping, punching	age hardener steel	0.091	0.0077	90	98.5
		with high-yield stress	0.132	0.0134	90	100.7
		final thickness 7 mm	0.274	0.0170	100	100.5
			0.356	0.0280	90	96.6
			0.511	0.0510	90	97.5
			0.723	0.0545	100	96.5

in quanto, a fronte di temperature adeguate nella maggioranza dei casi, si ha una umidità relativa estremamente bassa ($10 \div 30\%$).

Alcune rilevazioni effettuate in cabine dell'area riscaldamento (posizioni 2,5 e 11) indicano una più elevata divaricazione dalla temperatura effettiva accettabile, da imputare ai sistemi di riscaldamento installati non adeguati alle esigenze specifiche delle cabine stesse.

La rappresentazione delle situazioni microclimatiche nel periodo estivo (ancora Fig. 5) evidenzia per le cabine dell'area riscaldamento (posizioni 5,6 e 11 interessate dal movimento dei lingotti) l'inadeguatezza dei sistemi di condizionamento a garantire condizioni accettabili. Il confronto fra il rilievo effettuato internamente alla cabina forni a pozzo (posizione 11) e quello immediatamente esterno (posizione 10), evidenzia una insufficiente capacità di isolamento di questa cabina rispetto al calore radiante. Analoghe considerazioni valgono per le cabine della cesoia a caldo (posizioni 24 e 25), prive di idoneo condizionamento e inadeguate ad assicurare una riduzione della temperatura dell'aria misurata esternamente (posizione 23). La quasi totalità delle cabine è invece dotata di condizionatore che consente il raggiungimento delle condizioni di comfort.

Da un punto di vista tecnico è anche interessante confrontare le misure effettuate all'interno del reparto (posizioni di centro ambiente) e all'esterno. Dal confronto dei dati misurati alla medesima ora si può rilevare che il salto termico interno-esterno si mantiene costante intorno a $1 \div 2^\circ\text{C}$: si può quindi ritenere che le condizioni microclimatiche esterne si riproducano pressoché inalterate all'interno del reparto (nelle posizioni non influenzate da calore radiante).

2.2. Rumore

Sono state effettuate misure di rumore (riportate in Tabella III) con fonometro Brüel e Kjaer mod. 2209 nelle scale dBA e dBL. Inoltre è stato utilizzato un misuratore di dose Brüel e Kjaer mod. 4426 (risultati in Tabella IV) per valutare i livelli di esposizione degli addetti che operano nell'area di finitura esternamente alle cabine: infatti, nella quasi totalità delle situazioni si è in presenza di rumori di tipo impulsivo, ciò che rende estremamente difficoltosa la rappresentazione della rumorosità unicamente con misure istantanee (4).

La verifica dell'attenuazione dei livelli sonori delle cabine di manovra, effettuata eseguendo misure interne e immediatamente esterne alle cabine stesse, risulta positiva per quasi tutte le posizioni: si ha infatti una riduzione del livello sonoro di $15 \div 20$ dBA. La verifica è maggiormente positiva per i rumori caratterizzati da frequenze più elevate (cesoiature, urti, ribaltamenti, ecc.), mentre è meno soddisfacente per le frequenze inferiori (lamiere in scorrimento).

In particolare, l'esame delle rilevazioni di rumore che riguardano la gabbia di laminazione (posizioni 13 e 14 in cabina laminazione, posizione 16 esterna), mostra (Tabella III) la scarsa attenuazione che si ottiene nella posizione 16 riparata da uno schermo, a causa della struttura riverberante del reparto, in confronto alla protezione realizzata dalla cabina che consente un ta-

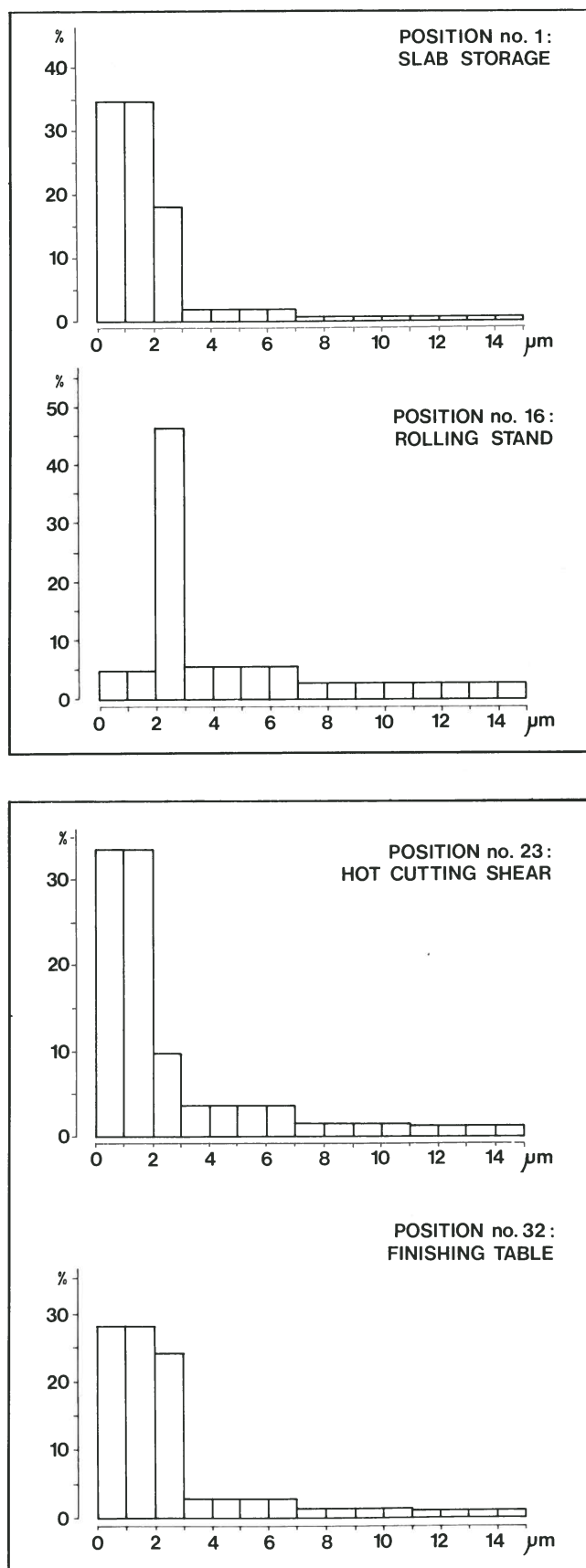


Fig. 6 - Distribuzioni granulometriche delle polveri nelle posizioni indicate.

Fig. 6 - Particle-size analysis distributions in stated positions.

glio fra i 19 e 24 dBA rispetto al rumore misurato esternamente.

2.3. Polvere

Sono stati eseguiti prelievi di medio-lungo periodo (40 ÷ 120 min) adatti a rappresentare il grado di inquinamento con riferimento alle diverse condizioni del ciclo produttivo (materiale, spessore, durata del lavoro) (5.6.7).

Sono state usate tre metodologie:

1) prelievi personali (prelevatore Dupont 4000, flussi di 4 l/min, portamembrana a cono aperto, membrane Ø 37 mm microporose da 0,8 µm), in grado di fornire informazioni attendibili sulla dose di polvere cumulata da ciascun addetto nelle diverse successive posizioni di lavoro assunte;

2) prelievi di centro ambiente (prelevatore Crami Simplex B, flussi di 15 l/min, portamembrana a cono aperto, membrane Ø 47 mm microporose da 0,8 µm e membrane in fibra di vetro da 7 ÷ 12 µm), utilizzati per conoscere la concentrazione media in alcune aree e per confrontare la polverosità interna ed esterna alle cabine di lavoro e di sosta;

3) prelievi sequenziali (prelevatore Tecora a 8 linee, flussi di 15 l/min, portamembrana a cono aperto, mem-

Besides this, to evaluate exposure levels of workers operating outside the stands in the finishing area, a Brüel and Kjaer dosimeter, type 4426, has been used (see results in Table IV): in almost all the situations, impulsive noises are present and this makes the noise characteristics extremely difficult to be represented solely with fast measurements (4).

The noise reduction evaluation in control stands, on the basis of measurements inside and immediately outside the stand, is positive in almost all cases: there is, in fact, a noise lowering of 15 ÷ 20 dBA. The result is more positive for high-frequency noise (shearings, impacts, turnovers, etc.) while it is less satisfactory for low-frequency noise (plate shifting). In particular, the noise measurements concerning the rolling stand (positions 13 and 14 in rolling control stand, position 16 outside) show (Table III) a low damping in position 16 sheltered by a screen (the low damping is caused by a reverberating structure of the department), in comparison with the shelter of a stand: this latter protection permits a lowering from 19 to 24 dBA, referred to the noise measured outside.

2.3. Dust

Medium-long period samplings (40 ÷ 120 min) have been conducted to represent the pollution degree refer-

TABELLA V - Rilevazioni di polvere.

TABLE V - Dust samplings. Letters or numbers state workmen or working positions (Figs. 1, 2, 3, 4). Samplings marked with (*), conducted at the same time, will be shown again in Fig. 7.

Workman or position	Notes	Personal Sampling (mg/m ³)	Center room sampling (mg/m ³)
<i>Reheating area</i>			
B slab storage craneman	slab stowage	4.9	—
4 slab storage crane stand	slab stowage	—	1.0
outside stand	slab stowage	—	0.7
B slab storage craneman	slab charging into pusher furnace	4.6	—
B ingot storage craneman	ingot stowage	2.3	—
C shaft kiln cover operator	working in ingot storage yard	2.6	—
C shaft kiln cover operator	ingot charging into shaft kilns	0.5	—
6 cover lift truck stand	ingot charging into shaft kilns	—	0.9
outside stand	ingot charging into shaft kilns	—	1.9
D furnace tender	working in slab storage yard	5.8	—
10 shaft kiln corridor	=====	—	1.0
D furnace tender	pusher furnace area	5.4	—
D furnace tender	shaft kiln area	3.8	—
<i>Rolling area</i>			
E rolling operator	working in rolling control stand, reduced working	2.2	—
E rolling operator	working in rolling control stand	4.8 (*)	—
E rolling operator	gaging, reduced working	6.4	—
E rolling operator	gaging	2.6 (*)	—
16 outside rolling control stand	=====	—	3.1
16 outside rolling control stand	=====	—	2.2 (*)
<i>Finishing area</i>			
I cutting marking operator	plate marking, reduced working	2.3	—
I cutting marking operator	plate marking	0.8 (*)	—
I cutting marking operator	working in hot cutting shear stand	2.8	—
N inspection and grinding operator	working in inspection bed	3.5	—
O finishing operator	working in end shear stand	2.1	—
P production collecting operator	working in production collecting stand	1.8	—

brane \varnothing 47 mm microporose da 0,8 μm , in grado di individuare il rapporto fra il ciclo di lavoro e la polverosità prodotta, evidenziando in questo modo le fasi più inquinanti delle operazioni e i meccanismi di dispersione dell'inquinante stesso.

Per la valutazione delle granulometrie sono stati eseguiti prelievi di breve durata su membrana microporosa e successiva lettura, dopo diafanizzazione, al microscopio ottico^(8,9). Da tale metodica si ottengono informazioni maggiormente utili alla bonifica, piuttosto che alla qualificazione del rischio dovuto alla frazione inalabile.

L'analisi granulometrica dei prelievi effettuati (Fig. 6) evidenzia una polverosità di fondo, per tutto il reparto

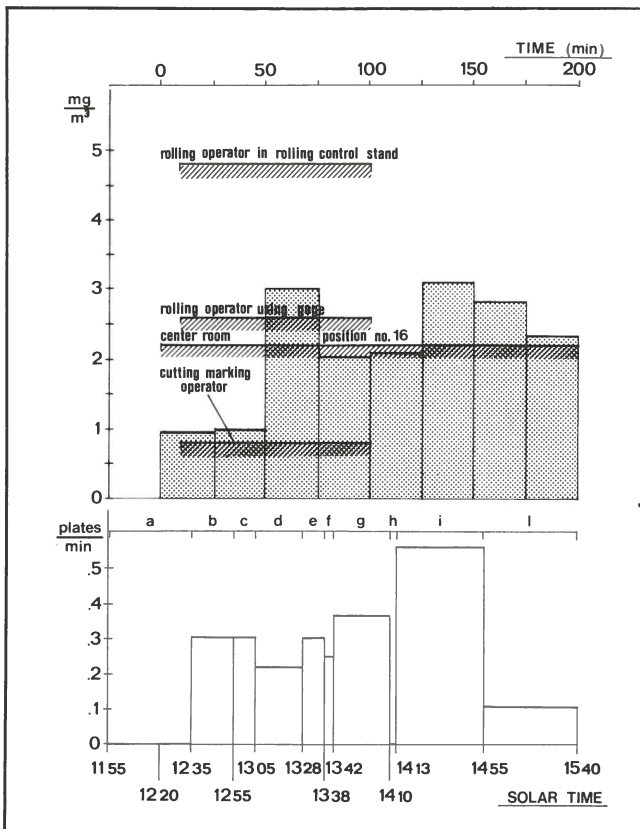


Fig. 7 - Rappresentazione della polverosità prodotta dalla gabbia di laminazione con riferimento al ciclo produttivo. Prelevatore sequenziale in posizione 16. a. sosta; b. laminazione di 6 bramme a lamiera di spessore 15 mm, acciaio per recipienti in pressione; c. 3 bramme, spessore finale 12, idem; d. 5 lingotti, spessore finale 16, acciaio a elevata tenacità per basse temperature; e. 3 bramme, spessore finale 12, acciaio per recipienti in pressione; f. 1 bramma, spessore finale 10, idem; g. 10 bramme, spessore finale 12, idem; h. sosta; i. 23 bramme, spessore finale 25, idem; l. 5 lingotti, spessore finale 7, acciaio a elevata tenacità per basse temperature.

Fig. 7 - Scheme of dust produced by rolling stand with reference to production run. Sequence sampling in position no. 16. a. break; b. 6 slab rolling, plate final thickness 15 mm, steel for pressure vessels; c. 3 slabs, final thickness 12, idem; d. 5 ingots, final thickness 16, steel with high notch toughness for low temperature; e. 3 slabs, final thickness 12, steel for pressure vessels; f. 1 slab, final thickness 10, idem; g. 10 slabs, final thickness 12, idem; h. break; i. 23 slabs, final thickness 25, idem; l. 5 ingots, final thickness 7, steel with high notch toughness for low temperature.

ing to different conditions of the production cycle (material, thickness, work duration)^(5,6,7).

Three methods have been used:

1) personal samplings (Dupont 4000 sampler, flows of 4 l/min, open filter holder, 0.8 μm 37 mm microporous filters) which give reliable data on the amount of dust absorbed by each worker during successive work positions;

2) center room samplings (Crami Simplex B sampler, flows of 15 l/min, open filter holder, 0.8 μm 47 mm microporous filters, 7 ÷ 12 μm fiber glass filters) which are used to determine the medium concentrations in some areas as well as to compare dust levels inside and outside the stands;

3) sequence samplings (8 lines Tecora sampler, flows of 15 l/min, open filter holder, 0.8 μm 47 mm microporous filters) which permit the pointing out of the relation between production cycle and dust levels induced, showing the most pollutant stages of operation and the mechanisms of contaminant dispersion.

To evaluate granulometries, short duration samplings on microporous filters and their optical microscope readings, after making the filters diaphanous, have been conducted^(8,9). With such a method, data obtained are more useful to environmental improvement projects than to evaluate the risk due to respirable fraction. The sample granulometric analysis (Fig. 6) shows the background dust level all over the department in consideration; this is determined by particles, of which 75% are 3 μm small or less; in fact positions 1 (slab storage yard) and 23 (hot cutting shear) are far from a specific dust source. The area nearby the rolling stand (position 16) is affected by the descaling operation and hot-working effects: coarse dust, over 2 μm , represents more than 90% of the total. At the finishing table (position 32) plate handling produces a continuous raising of dust, which helps the suspension of finer dust: the percentage of dust, 2 μm small or less, is 56%. The analysis of the dust concentrations (Table V) determined in reheating and finishing areas with the first type of measurements mentioned above, permits a comparison between the single worker's exposures and points out the relative risks. With the second type of measurements, the protection effectiveness of two stands is checked.

The analysis carried out with the first and third type of measurements in the rolling area is more specific. In Fig. 7 the concentrations regarding workers operating nearby the rolling stand (personal samplings) and those measured with sequence sampling are shown referring to the number of plates per minute, which is considered as an index of working intensity (the plate cycle duration, from 2 to 10 min, is a function particularly of the final thickness). From this comparison, it is observed that the rolling operator using gage is exposed to the highest levels in the working cycle; the high concentration measured in the rolling control stand is attributed to an accumulation of dust caused by inefficient air conditioning filters.

The sequence sampling also states that the delay time between production cycle modifications and dust concentration variations is 30 ÷ 40 min: since there is no

considerato, determinata da particolati che per il 75% hanno dimensioni inferiori ai 3 μm : infatti le posizioni 1 (magazzino bramme) e 23 (cesoia a caldo) sono lontane da precise sorgenti di polverosità. In prossimità della gabbia di laminazione (posizione 16) si risente delle operazioni di scagliatura e della lavorazione a caldo: le polveri più grossolane, superiori ai 2 μm , rappresentano oltre il 90% del totale. Al piano di finitura (posizione 32) la movimentazione delle lamiere produce un continuo sollevamento di polvere, che favorisce la sospensione delle più fini: la frazione inferiore ai 2 μm è del 56%.

L'analisi delle concentrazioni di polvere (Tabella V) riscontrate nell'area riscaldamento e nell'area finitura con misure del primo tipo sopra illustrato, consente di confrontare l'esposizione dei diversi addetti e di indicarne il rischio relativo. Con il secondo tipo di misure si valuta la capacità di isolamento di due cabine.

Più specifica l'analisi condotta con il primo e terzo tipo di misure nell'area laminazione. In Fig. 7 le concentrazioni relative agli addetti che lavorano intorno alla gabbia di laminazione (prelievi personali) e quelle riscontrate con prelievo sequenziale sono riportate facendo riferimento al numero di lamiere/minuto, che viene assunto come indice dell'intensità della lavorazione (la durata del ciclo per ottenere una lamiera, da 2 a 10 min, è comunque soprattutto funzione dello spessore finale richiesto). Dal confronto si osserva che l'esposizione del calibratore si colloca ai massimi livelli riscontrati nel corso della lavorazione; l'elevata concentrazione misurata in cabina manovra è da attribuire a un accumulo di polvere per inefficienza dei filtri del condizionatore.

Il prelievo sequenziale fa notare anche che il tempo di sfasamento tra modifiche del ciclo produttivo e andamento della concentrazione di polvere è di 30 ÷ 40 min: mancando un sistema di aspirazione sopra la gabbia, si ha ricaduta della polvere generata dalla laminazione.

Ricerca effettuata con il supporto finanziario del Comune di Sesto S. Giovanni.

suction system above the rolling stand, there is a settling of dust generated by the rolling process.

Financial support to this work by Comune di Sesto S. Giovanni (Mi) is acknowledged.

Bibliografia - References

1. R.D. SOULE: Industrial hygiene engineering controls, *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, vol. 1, Wiley Interscience, New York (1978), pag. 771.
2. P.O. FANGER: *Thermal comfort*, Mc Graw-Hill, London (1970).
3. ASHRAE: *Handbook of fundamentals*, ASHRAE, New York (1977).
4. P.L. MICHAEL: Industrial noise and conservation of hearing, *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, vol. 1, Wiley Interscience, New York (1978), pag. 275.
5. M.J.M. GABRIEL: La pratique du prélèvement de poussières, *Cahiers de Notes Documentaires*, n. 90, I trimestre 1978, pag. 3.
6. W.F. MELWIN: Air sampling and analysis for contaminants in work places, *Air Sampling Instruments*, V edizione, ACGIH, Cincinnati (1978), pag. A-1.
7. R.D. SOULE: Industrial hygiene sampling and analysis, *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, vol. 1, Wiley Interscience, New York (1978), pag. 707.
8. F. ANDREOLETTI, E. OCCELLA: Natura delle polveri industriali, *Giornale degli Igienisti Industriali*, supplemento al n. 1, dicembre 1976, pag. 1.
9. C.M. PETERSON: Aerosol sampling for particle size analysis, *Air Sampling Instruments*, V edizione, ACGIH, Cincinnati (1978), pag. F-1.