

Ambito Distrettuale
Sarnese-Vesuviano



OPERATIONS

Accordo Quadro per la realizzazione, fornitura e posa in opera di carpenteria
metallica presso le strutture del S.I.I. in gestione nell'Ambito Distrettuale
Sarnese - Vesuviano

Elaborato n.

002

Descrizione

Disciplinare Tecnico

Revisioni	Data		
00	Febbraio 2018		

Operations
Il Responsabile

Ing.  Palomba

INDICE GENERALE

Capitolo 1 - QUALITÀ, PROVENIENZA E NORME DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE FORNITURE

- Art. 1 - Accettazione, qualità ed impiego dei materiali
- Art. 2 - Provvista dei materiali
- Art. 3 - Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto
- Art. 4 - Norme di riferimento
- Art. 5 - Acciaio per strutture
- Art. 6 - Vetri
- Art. 7 – Infissi

Capitolo 2 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI

- Art. 8 - Normativa sulla prevenzione infortuni
- Art. 9 - Dispositivi di protezione
- Art. 10 - Opere di vetratura e serramentistica
- Art. 11 - Regole pratiche di progettazione ed esecuzione per le strutture in acciaio
- Art. 12 - Unioni con bulloni normali e saldate
- Art. 13 - Modalità esecutive per le unioni di strutture in acciaio
- Art. 14 - Verniciatura e zincatura

Capitolo 3 - PROVE VERIFICHE E COLLAUDO

- Art. 15 - Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio

Capitolo 1

QUALITÀ, PROVENIENZA E NORME DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E DELLE FORNITURE

Art. 1 - Accettazione, qualità ed impiego dei materiali

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del presente Disciplinare Tecnico ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del Direttore per l'esecuzione del contratto; in caso di contestazioni, si procederà ai sensi dell'art. 137 del regolamento D.P.R. n. 554/1999.

L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il Direttore per l'esecuzione del contratto può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'Appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.

Ove l'Appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore per l'esecuzione del contratto, la Stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'Appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'Appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della Stazione appaltante in sede di collaudo.

L'Appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del Direttore per l'esecuzione del contratto l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli eventuali accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal Capitolato Speciale Descrittivo e Prestazionale, sono disposti dalla Direzione dei Servizi o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la Direzione dei Servizi provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

La Direzione dei Servizi o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal Capitolato Speciale Descrittivo e Prestazionale ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'Appaltatore.

Art. 2 - Provvista dei materiali

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'Appaltatore è libero di scegliere il luogo ove prelevare i materiali necessari alla realizzazione del servizio, purché essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, né all'incremento dei prezzi pattuiti.

Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'Appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee e ripristino dei luoghi.

A richiesta della Stazione appaltante l'Appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, ove contrattualmente siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati.

Art. 3 - Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il Direttore dell'esecuzione del contratto può prescrivere uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.

Nel caso di cui al comma 1, se il cambiamento importa una differenza in più o in meno del quinto del prezzo contrattuale del materiale, si fa luogo alla determinazione del nuovo prezzo ai sensi degli articoli 136 e 137 del regolamento n. 554/1999.

Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'Appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del Direttore per l'esecuzione del contratto, che riporti l'espressa approvazione del Responsabile del procedimento. In ogni caso si applica il 2° e 3° comma dell'art. 40 del presente Disciplinare Tecnico.

Art. 4 - Norme di riferimento

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere dovranno rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel presente Disciplinare Tecnico. In assenza di nuove ed aggiornate norme, il Direttore dei Servizi potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive. In generale si applicano le prescrizioni degli artt. 39, 40 e 41 del presente Disciplinare Tecnico. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione Servizi, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali.

L'Appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire od a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove scritte dal presente Disciplinare Tecnico o dalla Direzione dei Servizi, sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che realizzati in opera e sulle forniture in generale. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme regolamentari ed UNI vigenti, verrà effettuato in contraddittorio con l'Impresa sulla base della redazione di verbale di prelievo.

Art. 5 - Acciaio per strutture

5.1. Generalità

Le presenti norme prevedono l'impiego degli acciai denominati Fe 360, Fe 430, Fe 510 dei quali, ai punti successivi, vengono precisate le caratteristiche.

È consentito l'impiego di tipi di acciaio diversi da quelli previsti purché venga garantita alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella prevista dalle presenti norme.

Le caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova saranno rispondenti alle prescrizioni delle norme:

UNI EN ISO 377 *Acciaio e prodotti di acciaio. Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche.*

UNI 552 *Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni.*

UNI EN 10002-1 *Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente).*

UNI EN 10025 *Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura.*

Le presenti norme non riguardano gli elementi di lamiera grecata ed i profilati formati a freddo, ivi compresi i profilati cavi saldati non sottoposti a successive deformazioni o trattamenti termici; valgono, tuttavia, per essi, i criteri e le modalità di controllo riportati nell'Allegato 8, relativamente alle lamiere o nastri d'origine. Per essi si possono adottare i metodi di calcolo indicati nella norma **CNR 10022-84** - Profilati d'acciaio formati a freddo - Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni" (Bollettino Ufficiale C.N.R. - XXII - n. 126 - 1988), oppure altri metodi fondati su ipotesi teoriche e risultati sperimentali chiaramente comprovati.

Potranno inoltre essere impiegati materiali e prodotti conformi ad una norma armonizzata o ad un benestare tecnico europeo così come definiti nella Direttiva 89/106/CEE, ovvero conformi a specifiche nazionali dei Paesi della Comunità europea, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da

soddisfare i requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CEE. Tale equivalenza deve risultare accertata dal Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

5.2. Acciaio laminato

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo), dovranno appartenere a uno dei seguenti tipi:

Fe 360, Fe 430, Fe 510

aventi le caratteristiche meccaniche indicate al punto 2.1.1. del D.M. 9 gennaio 1996.

Gli acciai destinati alle strutture saldate dovranno anche corrispondere alle prescrizioni del punto 2.3. del D.M. 9 gennaio 1996.

5.3. Caratteristiche meccaniche

I valori di f_t e f_y indicati nei prospetti 1-II e 2-II sono da intendersi come valori caratteristici, con frattile di ordine 0,05 (vedasi Allegato 8 del D.M. 9 gennaio 1996).

Tab. 62.1. - Profilati, barre, larghi piatti, lamiere.

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristica o parametro		Fe 360 (1)	Fe 430 (1)	Fe 510 (1)
f_t	R_m	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione [N/mm ²]		(2) ☐ 340 ☐ 470	(3) ☐ 410 ☐ 560	(4) ☐ 490 ☐ 630
f_y	R_e	Tensione (carico unitario) di snervamento		(5) ☐ 235	(6) ☐ 275	(7) ☐ 355
KV	KV	Resilienza KV [J]	B +20°C	☐ 27	☐ 27	☐ 27
		(8)				
			C 0°C	☐ 27	☐ 27	☐ 27
			D -20°C	☐ 27	☐ 27	☐ 27
			DD -20°C	-	-	☐ 40
e_t	A min	Allungamento % a rottura ($L_0=5,65 \square \square A_0$)		☐ 24	☐ 20	☐ 20
		- per lamiere		(9)	(9)	(9)
		- per barre, laminati mercantili, profilati, larghi piatti		☐ 26	☐ 22	☐ 22
				(10)	(10)	(10)

(1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai Fe 360, Fe 430 ed Fe 510 nei gradi B, C, D e DD della UNI EN 10025 (febbraio 1992), anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(3) Per spessore maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(4) Per spessori maggiori di 3 mm fino a 100 mm.

(5) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

(6) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm²;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 80 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm²;

per spessori maggiori di 80 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 40 N/mm².

(7) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm²;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 80 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm²;

per spessori maggiori di 80 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 40 N/mm².

(8) Per spessori maggiori di 10 mm fino a 100 mm.

(9) Da provette trasversali per lamiere, nastri e larghi piatti con larghezza 600 mm;

per spessori maggiori di 3 mm fino a 40 mm;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 1 punto;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 2 punti.

(10) Da provette longitudinali per barre, laminati mercantili, profilati e larghi piatti con larghezza < 600 mm;

per spessori maggiori di 3 mm fino a 40 mm;

per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 1 punto;

per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 2 punti.

Tabella 62.2. - Profilati cavi.

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristica o parametro	Fe 360 (1)	Fe 430 (1)	Fe 510 (1)
f_t	R_m	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione [N/mm ²]	(2) 360	(2) 430	(3) 510
f_y	R_e	Tensione (carico unitario) di snervamento	(5) 235	(6) □275	(7) 355

KV	KV	Resilienza KV [J] (8)	B +20°C	27	27	27
			C 0°C	27	□27	27
			D -20°C	27	□27	27
□ _t	A min	Allungamento % a rottura (Lo=5,65 □□Ao)%		24	21	20

(1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai Fe 360, Fe 430 ed Fe 510 nei gradi B, C e D della UNI 7806 (dicembre 1979) e UNI 7810 (dicembre 1979), anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm².

(3) Per spessori fino a 16 mm;

per spessori oltre 16 mm fino a 35 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²;

per spessori maggiori di 35 mm e fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

5.4. Controlli sui prodotti laminati

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni di cui all'Allegato 8 del D.M. 9 gennaio 1996.

5.5. Acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti delle opere di cui alle presenti istruzioni si devono impiegare getti di acciaio Fe G 400, Fe G 450, Fe G 520 **UNI 3158:1977** - Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale. Qualità, prescrizioni e prove – o equivalenti¹.

Quando tali acciai debbano essere saldati, devono sottostare alle stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza similare (vedi punto 2.3.1. del D.M. 9 gennaio 1996).

5.6. Acciaio per strutture saldate

5.6.1. Composizione chimica e grado di ossidazione degli acciai

Acciaio tipo Fe 360 ed Fe 430

Gli acciai da saldare con elettrodi rivestiti, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 2.1. del D.M. 9 gennaio 1996, devono avere composizione chimica contenuta entro i limiti raccomandati dalla **UNI 5132** - Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simbologgiatura e modalità di prova - per le varie classi di qualità degli elettrodi impiegati.

Sopraindicati limiti di analisi, devono essere di tipo semicalmato o calmato, salvo che vengano impiegati elettrodi rivestiti corrispondenti alla classe di qualità 4 della **UNI 5132**.

Gli acciai destinati ad essere saldati con procedimenti che comportano una forte penetrazione della zona fusa nel metallo base devono essere di tipo semicalmato o calmato e debbono avere composizione chimica, riferita al prodotto finito (e non alla colata), rispondente alle seguenti limitazioni:

Grado B	C □ 0,24%	P □ 0,055%	S □ 0,055%
Grado C	C □ 0,22%	P □ 0,050%	S □ 0,050%
Grado D	C □ 0,22%	P □ 0,045%	S □ 0,045%

Acciai tipo Fe 510

Gli acciai dovranno essere di tipo calmato o semicalmato; è vietato l'impiego di acciaio effervescente. L'analisi effettuata sul prodotto finito deve risultare:

Grado B	C □ 0,26%	Mn □ 1,6 %	Si □ 0,60%	P □ 0,050%	S □ 0,050%
Grado C	C □ 0,24%	Mn □ 1,6 %	Si □ 0,60%	P □ 0,050%	S □ 0,050%
Grado D	C □ 0,22%	Mn □ 1,6 %	Si □ 0,60%	P □ 0,050%	S □ 0,045%

Qualora il tenore di C risulti inferiore o uguale, per i tre gradi B, C, D, rispettivamente a 0,24%, 0,22% e 0,20% potranno accettarsi tenori di Mn superiori a 1,6% ma comunque non superiori a 1,7%.

5.6.2. Fragilità alle basse temperature

La temperatura minima alla quale l'acciaio di una struttura saldata può essere utilizzato senza pericolo di rottura fragile, in assenza di dati più precisi, deve essere stimata sulla base della temperatura T alla quale per detto acciaio può essere garantita una resilienza KV , secondo **EN 10045/1^a**, di 27 J.

La temperatura T deve risultare minore o uguale a quella minima di servizio per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di sforzi, saldature di testa o d'angolo non soggette a controllo, od accentuate deformazioni plastiche di formatura. A parità di altre condizioni, via via che diminuisce lo spessore, la temperatura T potrà innalzarsi a giudizio del progettista fino ad una temperatura di circa 30°C maggiore di quella minima di servizio per spessori dell'ordine di 10 millimetri.

Un aumento può aver luogo anche per spessori fino a 25 mm via via che l'importanza dell'elemento strutturale decresce o che le altre condizioni si attenuano.

Il progettista, stimata la temperatura T alla quale la resistenza di 27 J deve essere assicurata, sceglierà nella unificazione e nei cataloghi dei produttori l'acciaio soddisfacente questa condizione.

5.7.Saldature

5.7.1.Procedimenti di saldature

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO₂ o sue miscele);
- altro procedimento di saldatura la cui attitudine a garantire una saldatura pienamente efficiente deve essere previamente verificata mediante le prove indicate al successivo punto 2.4.2. del D.M. 9 gennaio 1996.

Per la saldatura manuale ad arco devono essere impiegati elettrodi omologati secondo **UNI 5132** adatti al materiale base:

- per gli acciai Fe 360 ed Fe 430 devono essere impiegati elettrodi del tipo E 44 di classi di qualità 2, 3 o 4; per spessori maggiori di 30 mm o temperatura di esercizio minore di 0°C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4 B;
- per l'acciaio Fe 510 devono essere impiegati elettrodi del tipo E 52 di classi di qualità 3 B o 4 B; per spessori maggiori di 20 mm o temperature di esercizio minori di 0°C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4 B.

Per gli altri procedimenti di saldatura si dovranno impiegare i fili, i flussi (o i gas) e la tecnica esecutiva usati per le prove preliminari (di qualifica) di cui al punto seguente.

5.7.2.Prove preliminari di qualifica dei procedimenti di saldatura

L'impiego di elettrodi omologati secondo **UNI 5132** esime da ogni prova di qualifica del procedimento.

Per l'impiego degli altri procedimenti di saldatura occorre eseguire prove preliminari di qualifica intese ad accertare:

- l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nella struttura ottenendo giunti corretti sia per aspetto esterno che per assenza di sensibili difetti interni, da accertare con prove non distruttive o con prove di rottura sul giunto;
- la resistenza a trazione su giunti testa a testa, mediante provette trasversali al giunto, resistenza che deve risultare non inferiore a quella del materiale base;
- la capacità di deformazione del giunto, mediante provette di piegamento che dovranno potersi piegare a 180° su mandrino con diametro pari a 3 volte lo spessore per l'acciaio Fe 360 ed Fe 430 e a 4 volte lo spessore per l'acciaio Fe 510;
- la resilienza su provette intagliate a V, secondo la norma **UNI EN 10045-1** - Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova, ricavate trasversalmente al giunto saldato, resilienza che verrà verificata a +20°C se la struttura deve essere impiegata a temperatura maggiore o uguale a 0°C, o a 0°C nel caso di temperature minori; nel caso di saldatura ad elettrogas o elettroscoria tale verifica verrà eseguita anche nella zona del materiale base adiacente alla zona fusa dove maggiore è l'alterazione metallurgica per l'alto apporto termico.

I provini per le prove di trazione, di piegamento, di resilienza ed eventualmente per altre prove meccaniche, se ritenute necessarie, verranno ricavati da saggi testa a testa saldati; saranno scelti allo scopo gli spessori più significativi della struttura.

5.7.3. Classi delle saldature

Per giunti testa a testa, o a croce o a T, a completa penetrazione, si distinguono due classi di giunti.

Prima classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 3 o 4 secondo **UNI 5132** o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1. del D.M. 9 gennaio 1996, e realizzati con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti debbono inoltre soddisfare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento B della norma **UNI 7278** - Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico. Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col metallo base specie nei casi di sollecitazione a fatica.

Seconda classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 2, 3 o 4 secondo **UNI 5132** o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1. del D.M. 9 gennaio 1996 e realizzati egualmente con eliminazione dei difetti al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti devono inoltre soddisfare l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento F della **UNI 7278**.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col materiale base.

Per entrambe le classi l'estensione dei controlli radiografici o eventualmente ultrasonori deve essere stabilita dal Direttore dei Servizi, sentito eventualmente il progettista, in relazione alla importanza delle giunzioni e alle precauzioni prese dalla ditta esecutrice, alla posizione di esecuzione delle saldature e secondo che siano state eseguite in officina o al montaggio.

Per i giunti a croce o a T, a completa penetrazione nel caso di spessori $t > 30$ mm, l'esame radiografico o con ultrasuoni atto ad accertare gli eventuali difetti interni verrà integrato con opportuno esame magnetoscopico sui lembi esterni delle saldature al fine di rilevare la presenza o meno di cricche da strappo.

Nel caso di giunto a croce sollecitato normalmente alla lamiera compresa fra le due saldature, dovrà essere previamente accertato, mediante ultrasuoni, che detta lamiera nella zona interessata dal giunto sia esente da sfogliature o segregazioni accentuate.

I giunti con cordoni d'angolo, effettuati con elettrodi aventi caratteristiche di qualità 2, 3 o 4 **UNI 5132** o con gli altri procedimenti indicati al punto 2.4.1. del D.M. 9 gennaio 1996, devono essere considerati come appartenenti ad una unica classe caratterizzata da una ragionevole assenza di difetti interni e da assenza di incrinature interne o di cricche da strappo sui lembi dei cordoni. Il loro controllo verrà di regola effettuato mediante sistemi magnetici; la sua estensione verrà stabilita dal Direttore dei Servizi, sentito eventualmente il progettista e in base ai fattori esecutivi già precisati per gli altri giunti.

5.7.4. Bulloni

I bulloni normali, devono essere conformi per le caratteristiche dimensionali alle seguenti norme:

UNI 5727 *Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Filettatura metrica ISO a passo grosso. Categoria C (norma ritirata).*

UNI 5592 *Dadi esagonali normali. Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine. Categoria C.*

UNI 5591 *Dadi esagonali alti (per impieghi speciali). Filettatura metrica ISO a passo grosso. Categoria C (norma ritirata).*

e quelli ad alta resistenza, conformi alle caratteristiche di cui al prospetto Tabella 62.2, devono appartenere alle sottoindicate classi dalle seguenti norme

UNI EN 20898-2 *Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso.*

UNI EN 20898-7 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm,

associate nel modo indicato nel seguente prospetto.

Tabella 62.1. - Classi di bulloni

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

5.7.5. Bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni del seguente prospetto.

Tabella 62.2. - Bulloni per giunzioni ad attrito

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 - 10.9 secondo UNI EN 20898/1	UNI 5712
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 3740/4^a	UNI 5713
Rosette	Acciaio C 50 UNI 7845 temprato e rinvenuto HRC 32 - 40	UNI 5714
Piastrine	Acciaio C 50 UNI 7845 temprato e rinvenuto HRC 32 □ 40	UNI 5715 UNI 5716

5.7.6. Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma **UNI 7356** - Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Vergella e tondi per bulloneria e chiodi da ribadire, stampati a freddo o a caldo.

Art. 6 - Vetri

6.1. Norme di riferimento

I vetri dovranno essere rispondenti alle prescrizioni del progetto esecutivo ed alle ulteriori richieste della Direzione dei Servizi.

In generale dovranno rispondere inoltre alle disposizioni delle seguenti norme di unificazione:

UNI EN 572-1 *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Definizione e proprietà generali fisiche e meccaniche.*

UNI EN 572-2 *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro float.*

UNI EN 572-5 *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro stampato.*

UNI EN 572-4 *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro tirato.*

UNI EN 572-7 *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodo-calcico. Vetro profilato armato e non armato.*

UNI 7142 *Vetri piani. Vetri temperati per edilizia ed arredamento.*

- UNI 7143** Vetri piani. Spessore dei vetri piani per vetrazioni in funzione delle loro dimensioni, dell'azione del vento e del carico neve.
- UNI 7144** Vetri piani. Isolamento termico.
- UNI 7170** Vetri piani. Isolamento acustico.
- UNI 9186** Vetri piani. Vetri stratificati per edilizia e arredamento con prestazioni antivandalismo e anticrimine.
- UNI 9187** Vetri piani. Vetri stratificati per l'edilizia e arredamento con prestazioni antiproiettile.
- UNI 10593-1** Vetro per edilizia. Vetrature isolanti. Generalità e tolleranze dimensionali.
- UNI 10593-2** Vetro per edilizia. Vetrature isolanti. Prove di invecchiamento, misurazione della penetrazione del vapor d'acqua e requisiti.
- UNI 10593-3** Vetro per edilizia. Vetrature isolanti. Prove di tipo iniziali per la misurazione della velocità di perdita di gas su vetrate isolanti riempite con gas.
- UNI 10593-4** Vetro per edilizia. Vetrature isolanti. Metodi di prova per la determinazione delle proprietà fisiche della sigillatura dei bordi.
- UNI EN ISO 12543-1** Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Definizioni e descrizione delle parti componenti.
- UNI EN ISO 12543-2** Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato di sicurezza.
- UNI EN ISO 12543-3** Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato.
- UNI EN ISO 12543-4** Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Metodi di prova per la durabilità.
- UNI EN ISO 12543-5** Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Dimensioni e finitura dei bordi.
- UNI EN ISO 12543-6** Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Aspetto.
- UNI 9186** Vetri piani. Vetri stratificati per edilizia e arredamento con prestazioni antivandalismo e anticrimine.
- UNI 9187** Vetri piani. Vetri stratificati per l'edilizia e arredamento con prestazioni antiproiettile.

6.2. Vetri di sicurezza. Prove

Le prove delle lastre di vetro di sicurezza sono prescritte dall'art. 14, D.P.R. 29 maggio 1963, n. 1497 - Approvazione del regolamento per gli ascensori ed i montacarichi in servizio privato.

Le lastre di vetro di sicurezza devono essere sottoposte alle prove da eseguirsi su lastre campione di cui ai seguenti punti.

6.2.1. Prova d'urto

La prova deve essere fatta su una lastra di 0,3 x 0,3 m appoggiata sui quattro lati, ai bordi, per larghezza di circa 10 mm, su un telaio di legno.

Sul centro della lastra è lasciata cadere liberamente, dall'altezza di 0,5 m, una sfera di acciaio levigato del peso di 0,76 kg. A seguito di tale prova la lastra di vetro retinato, di vetro stratificato, o di materiale simile, non deve produrre frammenti acuminati pericolosi che si distaccino dal supporto; la lastra di vetro temperato non deve rompersi.

La prova deve essere ripetuta lasciando cadere la sfera da altezza maggiore. A seguito di tale prova la lastra di vetro retinato, di vetro stratificato, o di materiale simile, non deve venire perforata dalla sfera per altezza di caduta fino a 1 m; la lastra di vetro temperato rompendosi deve produrre frammenti minuti, non taglienti.

Le prove devono essere fatte con temperature ambientali fra 15 °C e 25 °C.

6.2.2. Prova di flessione

La prova deve essere fatta su una lastra delle dimensioni massime previste per la applicazione, appoggiata sui due lati più corti, ai bordi, per larghezza di circa 20 mm, su appoggi di legno. Su una striscia mediana larga non più di 50 mm parallela agli appoggi è applicato un carico distribuito di 100 kg per metro lineare per la lastra di vetro retinato; di vetro stratificato, o di materiale simile, e di 200 kg per metro lineare per la lastra di vetro temperato. La lastra non deve rompersi né fessurarsi.

Se sono usate lastre di vetro retinato, di vetro stratificato, o di materiale simile con larghezza maggiore di 0,6 m o lastre di vetro temperato con larghezza maggiore di 1 m, una lastra per ciascuna partita deve essere sottoposta in fabbrica alla prova di flessione.

6.3.Applicazione delle lastre di vetro di sicurezza

Le lastre di vetro di sicurezza, salvo le lastre di vetro retinato, devono essere segnate con marchio indelebile.

Nelle porte dei piani, nella cabina e nelle porte della cabina degli ascensori, le lastre di vetro di sicurezza devono essere completamente intelaiate.

Nelle protezioni del vano di corsa degli ascensori, le lastre di vetro di sicurezza devono essere intelaiate completamente, salvo le lastre di vetro temperato le quali possono essere fissate su almeno tre lati per mezzo di supporti, di zanche, o simili.

Nelle porte dei piani, nelle pareti e nelle porte della cabina degli ascensori, costituite prevalentemente da lastre di vetro di sicurezza, devono essere applicate protezioni per impedire la caduta di persone nel vano di corsa nel caso di rottura delle lastre. In ogni caso deve essere applicata almeno una fascia di protezione di materiale resistente, di altezza non minore di 0,15 m dal piano di calpestio, e una sbarra di protezione ad altezza di circa 0,9 m dal piano di calpestio.

Nelle porte dei piani e nelle porte della cabina degli ascensori le cerniere, le maniglie, le serrature e gli altri dispositivi non devono essere applicati alle lastre di vetro di sicurezza.

Art. 7 - Infissi

7.1.Generalità. Definizioni

Si intendono per infissi gli elementi edilizi aventi la funzione principale di regolare il passaggio di persone, animali, oggetti, e sostanze liquide o gassose nonché dell'energia tra spazi interni ed esterni dell'organismo edilizio o tra ambienti diversi dello spazio interno.

Essi si dividono tra elementi fissi (cioè luci fisse non apribili) e serramenti (cioè con parti apribili); gli infissi si dividono a loro volta in porte, finestre e schermi.

Per la terminologia specifica dei singoli elementi e delle loro parti funzionali, in caso di dubbio, si fa riferimento alla norma **UNI 8369** (varie parti).

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura; le modalità di posa sono sviluppate nell'articolo relativo alle vetrazioni ed ai serramenti.

Il Direttore dei Servizi, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

7.2. Forme. Luci fisse

Le luci fisse devono essere realizzate nella forma, con i materiali e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto. In mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate) si intende che comunque devono nel loro insieme (telai, lastre di vetro, eventuali accessori, ecc.) resistere alle sollecitazioni meccaniche dovute all'azione del vento od agli urti, garantire la tenuta all'aria, all'acqua e la resistenza al vento.

Quanto richiesto dovrà garantire anche le prestazioni di isolamento termico, isolamento acustico, comportamento al fuoco e resistenza a sollecitazioni gravose dovute ad attività sportive, atti vandalici, ecc..

Le prestazioni predette dovranno essere garantite con limitato decadimento nel tempo.

Il Direttore per l'esecuzione del contratto potrà procedere all'accettazione delle luci fisse mediante i criteri seguenti:

- a) mediante controllo dei materiali costituenti il telaio + vetro + elementi di tenuta (guarnizioni, sigillanti) più eventuali accessori, e mediante controllo delle caratteristiche costruttive e della lavorazione del prodotto nel suo insieme e/o dei suoi componenti; in particolare trattamenti protettivi del legno, rivestimenti dei metalli costituenti il telaio, l'esatta esecuzione dei giunti, ecc.;
- b) mediante l'accettazione di dichiarazioni di conformità della fornitura alle classi di prestazione quali tenuta all'acqua, all'aria, resistenza agli urti, ecc.; di tali prove potrà anche chiedere la ripetizione in caso di dubbio o contestazione.

Le modalità di esecuzione delle prove saranno quelle definite nelle relative norme UNI per i serramenti.

7.3. Serramenti interni ed esterni

I serramenti interni ed esterni (finestre, porte finestre, e similari) dovranno essere realizzati seguendo le prescrizioni indicate nei disegni costruttivi o comunque nella parte grafica del progetto. In mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate) si intende che comunque nel loro insieme devono essere realizzati in modo da resistere alle sollecitazioni meccaniche e degli agenti atmosferici e contribuire, per la parte di loro spettanza, al mantenimento negli ambienti delle condizioni termiche, acustiche, luminose, di ventilazione, ecc.; lo svolgimento delle funzioni predette deve essere mantenuto nel tempo.

- a) il Direttore per l'esecuzione del contratto potrà procedere all'accettazione dei serramenti mediante il controllo dei materiali che costituiscono l'anta ed il telaio ed i loro trattamenti preservanti ed i rivestimenti mediante il controllo dei vetri, delle guarnizioni di tenuta e/o sigillanti, degli accessori. Mediante il controllo delle sue caratteristiche costruttive, in particolare dimensioni delle sezioni resistenti, conformazione dei giunti, delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni, ecc.) e per aderenza (colle, adesivi, ecc.) e comunque delle parti costruttive che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica, tenuta all'acqua, all'aria, al vento, e sulle altre prestazioni richieste;
- b) il Direttore per l'esecuzione del contratto potrà altresì procedere all'accettazione della attestazione di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate nel progetto per le varie caratteristiche od in mancanza a quelle di seguito riportate. Per le classi non specificate valgono i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei lavori.

1) Finestre

- isolamento acustico (secondo la norma **UNI 8204**);

- tenuta all'acqua, all'aria e resistenza al vento (misurata secondo le norme **UNI EN 86, 42 e 77**);
- resistenza meccanica (secondo le norme **UNI 9158** ed **EN 107**);

2) Porte interne

- tolleranze dimensionali (misurate le norme secondo **UNI EN 25**); planarità (misurata secondo la norma **UNI EN 24**);
- resistenza all'urto corpo molle (misurata secondo la norma **UNI 8200**);
- resistenza al fuoco (misurata secondo la norma **UNI 9723**. Resistenza al fuoco di porte ed altri elementi di chiusura. Prove e criteri di classificazione.);
- resistenza al calore per irraggiamento (misurata secondo la norma **UNI 8328**);

3) Porte esterne

- tolleranze dimensionali misurate secondo la norma **UNI EN 25**;
- planarità, misurata secondo la norma **UNI EN 24**;
- tenuta all'acqua, aria, resistenza al vento, misurata secondo la norma **UNI EN 86, 42 e 71**;
- resistenza all'antintrusione misurata secondo la norma **UNI 9569**.

L'attestazione di conformità dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione.

7.4. Accessibilità

La luce netta della porta di accesso di ogni edificio e di ogni unità immobiliare deve essere di almeno 80 cm. La luce netta delle altre porte deve essere di almeno 75 cm.

L'altezza delle maniglie deve essere compresa tra 85 e 95 cm (consigliata 90 cm).

Devono inoltre essere preferite soluzioni per le quali le singole ante delle porte non abbiano larghezza superiore ai 120 cm, e gli eventuali vetri siano collocati ad una altezza di almeno 40 cm dal piano del pavimento. L'anta mobile deve poter essere usata esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

7.5. Infissi esterni

L'altezza delle maniglie o dispositivo di comando deve essere compresa tra 100 e 130 cm; consigliata 115 cm.

Per consentire alla persona seduta la visuale anche all'esterno, devono essere preferite soluzioni per le quali la parte opaca del parapetto, se presente, non superi i 60 cm di altezza dal calpestio, con l'avvertenza, però, per ragioni di sicurezza, che l'intero parapetto sia complessivamente alto almeno 100 cm e inattraversabile da una sfera di 10 cm di diametro. Nelle finestre lo spigolo vivo della traversa inferiore dell'anta apribile deve essere opportunamente sagomato o protetto per non causare infortuni. Le ante mobili degli infissi esterni devono poter essere usate esercitando una pressione non superiore a kg 8.

Capitolo 2

MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI EDILI

Art. 8 - Normativa sulla prevenzioni infortuni

Nell'esecuzione delle demolizioni e degli scavi, anche se non espressamente richiamate, dovranno essere osservate le disposizioni delle seguenti norme e successive modificazioni ed integrazioni:

- D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547. Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164. Norme per prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- D.Lg. 15 agosto 1991, n. 277. Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212;
- D.Lg. 19 settembre 1994, n. 626. Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;
- D.Lg. 14 agosto 1996, n. 493. Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro;
- D.Lg. 14 agosto 1996, n. 494 con le modifiche introdotte dal D.Lg. 19 novembre 1999 n. 528. Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

In generale dovranno essere rispettate le prescrizioni del piano di sicurezza e di coordinamento, del piano operativo e le indicazioni impartite dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori. e/o del Direttore per l'esecuzione del contratto.

Art. 9 - Dispositivi di protezione

Sulla rispondenza alla normativa vigenti norme dei dispositivi di protezione si rimanda alle seguenti norme:

UNI EN 340 *Indumenti di protezione. Requisiti generali.*

UNI EN 34 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi di discesa.*

UNI EN 341:1993/A1 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi di discesa.*

UNI EN 352-1 *Protettori auricolari. Requisiti di sicurezza e prove. Cuffie.*

UNI EN 353-1 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio rigida.*

UNI EN 353-2 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo guidato su una linea di ancoraggio flessibile.*

UNI EN 354 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Cordini.*

UNI EN 355 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Assorbitori di energia.*

UNI EN 358 *Dispositivi individuali per il posizionamento sul lavoro e la prevenzione delle cadute dall'alto. Sistemi di posizionamento sul lavoro.*

UNI EN 360 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Dispositivi anticaduta di tipo retrattile.*

UNI EN 361 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Imbracature per il corpo.*

UNI EN 362 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Connettori.*

UNI EN 363 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Sistemi di arresto caduta.*

UNI EN 364 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Metodi di prova.*

UNI EN 365 *Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto. Requisiti generali per le istruzioni per l'uso e la marcatura.*

UNI EN 367 *Indumenti di protezione. Protezione contro il calore e le fiamme. Metodo di prova: determinazione della trasmissione di calore mediante esposizione a una fiamma.*

Art. 10 - Opere di vetratura e serramentistica

10.1. Definizioni

- Si intendono per opere di vetratura quelle che comportano la collocazione in opera di lastre di vetro (o prodotti similari sempre comunque in funzione di schermo) sia in luci fisse sia in ante fisse o mobili di finestre, porte-finestre o porte;
- si intendono per opere di serramentistica quelle relative alla collocazione di serramenti (infissi) nei vani aperti delle parti murarie destinate a riceverli.

10.2. Realizzazione

La realizzazione delle opere di vetratura deve avvenire con i materiali e le modalità previsti dal progetto ed ove questo non sia sufficientemente dettagliato valgono le prescrizioni seguenti:

- a) Le lastre di vetro in relazione al loro comportamento meccanico devono essere scelte tenendo conto delle loro dimensioni, delle sollecitazioni previste dovute a carico vento e neve, delle sollecitazioni dovute ad eventuali sbalzi e delle deformazioni prevedibili del serramento.

Devono inoltre essere considerate per la loro scelta le esigenze di isolamento termico, acustico, di trasmissione luminosa, di trasparenza o traslucidità, di sicurezza sia ai fini antinfortunistici che di resistenza alle effrazioni, atti vandalici, ecc..

Per la valutazione della adeguatezza delle lastre alle prescrizioni predette, in mancanza di prescrizioni nel progetto si intendono adottati i criteri stabiliti nelle norme UNI per l'isolamento termico ed acustico, la sicurezza, ecc. (**UNI 7143, UNI 7144, UNI 7170 e UNI 7697**).

Gli smussi ai bordi e negli angoli devono prevenire possibili scagliature.

- b) I materiali di tenuta, se non precisati nel progetto, si intendono scelti in relazione alla conformazione e dimensioni delle scanalature (o battente aperto con ferma vetro) per quanto riguarda lo spessore e dimensioni in genere, capacità di adattarsi alle deformazioni elastiche dei telai fissi ed ante apribili; resistenza alle sollecitazioni dovute ai cicli termoigrometrici tenuto conto delle condizioni microlocali che si creano all'esterno rispetto all'interno, ecc. e tenuto conto del numero, posizione e caratteristiche dei tasselli di appoggio, periferici e spaziatori.

Nel caso di lastre posate senza serramento gli elementi di fissaggio (squadrette, tiranti, ecc.) devono avere adeguata resistenza meccanica, essere preferibilmente di metallo non ferroso o comunque protetto dalla corrosione. Tra gli elementi di fissaggio e la lastra deve essere interposto materiale elastico e durevole alle azioni climatiche.

- c) La posa in opera deve avvenire previa eliminazione di depositi e materiali dannosi dalle lastre, serramenti, ecc. e collocando i tasselli di appoggio in modo da far trasmettere correttamente il peso della lastra al serramento; i tasselli di fissaggio servono a mantenere la lastra nella posizione prefissata.

Le lastre che possono essere urtate devono essere rese visibili con opportuni segnali (motivi ornamentali, maniglie, ecc.).

La sigillatura dei giunti tra lastra e serramento deve essere continua in modo da eliminare ponti termici ed acustici. Per i sigillanti e gli adesivi si devono rispettare le prescrizioni previste dal fabbricante per la preparazione, le condizioni ambientali di posa e di manutenzione. Comunque la sigillatura deve essere conforme a quella richiesta dal progetto od effettuata sui prodotti utilizzati per qualificare il serramento nel suo insieme.

L'esecuzione effettuata secondo la norma **UNI 6534** potrà essere considerata conforme alla richiesta del presente Disciplinare Tecnico nei limiti di validità della norma stessa.

10.3. Posa in opera dei serramenti

La realizzazione della posa dei serramenti deve essere effettuata come indicato nel progetto e quando non precisato deve avvenire secondo le prescrizioni seguenti:

d) Le finestre collocate su propri controtelai e fissate con i mezzi previsti dal progetto e comunque in modo da evitare sollecitazioni localizzate.

Il giunto tra controtelaio e telaio fisso se non progettato in dettaglio onde mantenere le prestazioni richieste al serramento dovrà essere eseguito con le seguenti attenzioni:

- assicurare tenuta all'aria ed isolamento acustico;
- gli interspazi devono essere sigillati con materiale comprimibile e che resti elastico nel tempo, se ciò non fosse sufficiente (giunti larghi più di 8 mm) si sigillerà anche con apposito sigillante capace di mantenere l'elasticità nel tempo e di aderire al materiale dei serramenti;
- il fissaggio deve resistere alle sollecitazioni che il serramento trasmette sotto l'azione del vento od i carichi dovuti all'utenza (comprese le false manovre).

e) La posa con contatto diretto tra serramento e parte muraria deve avvenire:

- assicurando il fissaggio con l'ausilio di elementi meccanici (zanche, tasselli ad espansione, ecc.);
- sigillando il perimetro esterno con malta previa eventuale interposizione di elementi separatori quali non tessuti, fogli, ecc.;
- curando l'immediata pulizia delle parti che possono essere danneggiate (macchiate, corrosive, ecc.) dal contatto con la malta.

f) Le porte devono essere posate in opera analogamente a quanto indicato per le finestre; inoltre si dovranno curare le altezze di posa rispetto al livello del pavimento finito.

Per le porte con alte prestazioni meccaniche (antieffrazione) acustiche, termiche o di comportamento al fuoco, si rispetteranno inoltre le istruzioni per la posa date dal fabbricante ed accettate dalla Direzione dei lavori.

10.4. Compiti del Direttore per l'esecuzione del contratto

Il Direttore per l'esecuzione del contratto per la realizzazione opererà come segue:

a) Nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi ed alle procedure) verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti.

In particolare verificherà la realizzazione delle sigillature tra lastre di vetro e telai e tra i telai fissi ed i controtelai; la esecuzione dei fissaggi per le lastre non intelaiate; il rispetto delle prescrizioni di progetto, del Capitolato e del produttore per i serramenti con altre prestazioni.

b) A conclusione dei lavori eseguirà verifiche visive della corretta messa in opera e della completezza dei giunti, sigillature, ecc. Eseguirà controlli orientativi circa la forza di apertura e chiusura dei serramenti

(stimandole con la forza corporea necessaria) l'assenza di punti di attrito non previsti, e prove orientative di tenuta all'acqua, con spruzzatori a pioggia, ed all'aria, con l'uso di fumogeni, ecc..

Nelle grandi opere i controlli predetti potranno avere carattere casuale e statistico.

Avrà cura di far aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi più significativi unitamente alla descrizione e/o schede tecniche dei prodotti impiegati (specialmente quelli non visibili ad opera ultimata) e le prescrizioni attinenti la successiva manutenzione.

Art. 11 - Regole pratiche di progettazione ed esecuzione per le strutture in acciaio

11.1. Composizione degli elementi strutturali

11.1.1. Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm. Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore $t = 3$ mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profilati zincati, od opere non esposte agli agenti atmosferici.

Le limitazioni di cui sopra non riguardano ovviamente elementi di lamiera grecata e profili sagomati a freddo in genere per i quali occorre fare riferimento ad altre prescrizioni costruttive e di calcolo.

11.1.2. Impiego di ferri piatti

L'impiego di piatti o larghi piatti, in luogo di lamiere, per anime e relativi coprighiunti delle travi a parete piena, e in genere per gli elementi in lastra soggetti a stati di tensione biassiali appartenenti a membrature aventi funzione statica non secondaria, è ammesso soltanto se i requisiti di accettazione prescritti per il materiale (in particolare quelli relativi alle prove di piegamento a freddo e resilienza) siano verificati anche nella direzione normale a quella di laminazione.

11.1.3. Variazioni di sezione

Le eventuali variazioni di sezione di una stessa membratura devono essere il più possibile graduali, soprattutto in presenza di fenomeni di fatica. Di regola sono da evitarsi le pieghe brusche. In ogni caso si dovrà tener conto degli effetti dell'eccentricità.

Nelle lamiere o piatti appartenenti a membrature principali e nelle piastre di attacco le concentrazioni di sforzo in corrispondenza di angoli vivi rientranti debbono essere evitate mediante raccordi i cui raggi saranno indicati nei disegni di progetto.

11.1.4. Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (ad esempio saldatura e bullonatura o chiodatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo.

11.2. Unioni chiodate

11.2.1. Chiodi e forni normali

I chiodi da impiegarsi si suddividono nelle categorie appresso elencate, ciascuna con l'indicazione della UNI cui devono corrispondere:

- chiodi a testa tonda stretta, secondo **UNI 136**;
- chiodi a testa svasata piana, secondo **UNI 139**;
- chiodi a testa svasata con calotta, secondo **UNI 140**.

I fori devono corrispondere alla **UNI 141**.

11.2.2. Diametri normali

Di regola si devono impiegare chiodi dei seguenti diametri nominali:

$d = 10, 13, 16, 19, 22, 25 \text{ mm}$; e, ordinatamente, fori dei diametri

$d1 = 10,5, 14, 17, 20, 23, 26 \text{ mm}$.

Nei disegni si devono contraddistinguere con opportune convenzioni i chiodi dei vari diametri. Nei calcoli si assume il diametro d_1 , tanto per verifica di resistenza della chiodatura, quanto per valutare l'indebolimento degli elementi chiodati.

11.2.3. Scelta dei chiodi in relazione agli spessori da unire

In relazione allo spessore complessivo t da chiodare si impiegano:

- chiodi a testa tonda ed a testa svasata piana, per $t/d = 4,5$;
- chiodi a testa svasata con calotta, per $4,5 < t/d = 6,5$.

11.2.4. Interasse dei chiodi e distanza dai margini

In rapporto al diametro d dei chiodi, ovvero al più piccolo t_1 tra gli spessori collegati dai chiodi, devono essere soddisfatte le limitazioni seguenti:

per le file prossime ai bordi:

$$10 = p/d = 3$$

$$3 = a/d = 1,5$$

$$3 = a_1/d = 1,5$$

15 per gli elementi compressi

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} p/t_1 \leq$$

25 per gli elementi tesi

$$\left. \begin{array}{l} a/t_1 \\ a_1/t_1 \end{array} \right\} \leq 6 (\leq 9 \text{ se il margine è irrigidito})$$

dove:

p è la distanza tra centro e centro di chiodi contigui;

a è la distanza dal centro di un chiodo al margine degli elementi da collegare ad esso più vicino nella direzione dello sforzo;

a_1 è la distanza come la precedente a , ma ortogonale alla direzione dello sforzo;

t_1 è il minore degli spessori degli elementi collegati.

Quando si tratti di opere non esposte alle intemperie, le ultime due limitazioni possono essere sostituite dalle seguenti:

$$\left. \begin{array}{l} a/t_1 \\ a_1/t_1 \end{array} \right\} \leq 12$$

Deroghe eventuali alle prescrizioni di cui al presente punto debbono essere comprovate da adeguate giustificazioni teoriche e sperimentali.

Art. 12 - Unioni con bulloni normali e saldate

12.1. Bulloni

La lunghezza del tratto non filettato del gambo del bullone deve essere in generale maggiore di quella della parti da serrare e si deve sempre far uso di rosette. È tollerato tuttavia che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne dovrà tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza.

In presenza di vibrazioni o inversioni di sforzo, si devono impiegare controdadi oppure rosette elastiche, tali da impedire l'allentamento del dado. Per bulloni con viti 8.8 e 10.9 è sufficiente l'adeguato serraggio.

12.2. Diametri normali

Di regola si devono impiegare bulloni dei seguenti diametri:

$$d = 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 \text{ mm}$$

I fori devono avere diametro uguale a quello del bullone maggiorato di 1 mm fino al diametro 20 mm e di 1,5 mm oltre il diametro 20 mm, quando è ammissibile un assestamento sotto carico del giunto.

Quando tale assestamento non è ammesso, il giuoco complessivo tra diametro del bullone e diametro del foro non dovrà superare 0,3 mm, ivi comprese le tolleranze.

Nei disegni si devono contraddistinguere con opportune convenzioni i bulloni dei vari diametri e devono essere precisati i giuochi foro-bullone.

12.3. Interasse dei bulloni e distanza dai margini

Vale quanto specificato al punto 116.2.4.

12.4. Unioni ad attrito

Nelle unioni ad attrito si impiegano bulloni ad alta resistenza. Il gambo può essere filettato per tutta la lunghezza.

Le rosette, disposte una sotto il dado e una sotto la testa, devono avere uno smusso a 45° in un orlo interno ed identico smusso sul corrispondente orlo esterno. Nel montaggio lo smusso deve essere rivolto verso la testa della vite o verso il dado. I bulloni, i dadi e le rosette devono portare, in rilievo impresso, il marchio di fabbrica e la classificazione secondo la citata **UNI 3740**.

12.5 Diametri normali

Di regola si devono impiegare bulloni dei seguenti diametri:

$d = 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27 \text{ mm}$

e fori di diametro pari a quello del bullone maggiorato di 1,5 mm fino al diametro 24 mm e di 2 mm per il diametro 27 mm. Nei disegni devono essere distinti con opportune convenzioni i bulloni dei vari diametri.

12.6. Interasse dei bulloni e distanza dai margini

Vale quanto specificato al punto 116.2.4.

12.7. Unioni saldate

A tutti gli elementi strutturali saldati devono essere applicate le prescrizioni di cui al punto 116.1.3..

Per gli attacchi d'estremità di aste sollecitate da forza normale, realizzati soltanto con cordoni d'angolo paralleli all'asse di sollecitazione, la lunghezza minima dei cordoni stessi deve essere pari a 15 volte lo spessore.

L'impiego di saldature entro fori o intagli deve essere considerato eccezionale: qualora detti fori o intagli debbano essere usati, il loro contorno non dovrà presentare punti angolosi, né raggi di curvatura minori di metà della dimensione minima dell'intaglio.

I giunti testa a testa di maggior importanza appartenenti a membrature tese esposte a temperature minori di 0 °C devono essere previsti con saldatura di I classe (punto 62.7.3.).

La saldatura a tratti non è ammessa che per cordoni d'angolo.

Nei giunti a croce o a T a completa penetrazione dovrà essere previsto un graduale allargamento della saldatura, la cui larghezza dovrà essere almeno pari a 1,3 volte lo spessore in corrispondenza della lamiera su cui viene a intestarsi.

Art. 13 - Modalità esecutive per le unioni di strutture in acciaio

13.1. Unioni chiodate

Le teste ottenute con la ribaditura devono risultare ben centrate sul fusto, ben nutrite alle loro basi, prive di screpolature e ben combacianti con la superficie dei pezzi. Dovranno poi essere liberate dalle bavature mediante scalpello curvo, senza intaccare i ferri chiodati.

Le teste di materiale diverso dall'acciaio Fe 360 ed Fe 430 **UNI 7356** porteranno in rilievo in sommità, sopra una zona piana, un marchio caratterizzante la qualità del materiale.

Il controstampo dovrà essere piazzato in modo da lasciare sussistere detto marchio dopo la ribaditura.

13.2. Unioni ad attrito

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive cioè di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbiatura al metallo bianco; è ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica. Le giunzioni calcolate con $\mu = 0,45$ debbono comunque essere sabbiate al metallo bianco.

I bulloni, i dadi e le rosette dovranno corrispondere a quanto prescritto al punto 117.4.1.

Nei giunti flangiati dovranno essere particolarmente curati la planarità ed il parallelismo delle superfici di contatto.

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata; tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$.

Il valore della coppia di serraggio, da applicare sul dado o sulla testa del bullone, deve essere quella indicata nella parte II D.M. 9 gennaio 1996, punto 4.4.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

- a) si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- b) dopo aver marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione almeno pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

13.3. Unioni saldate

Sia in officina sia in cantiere, le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti devono essere eseguite da saldatori che abbiano superato, per la relativa qualifica, le prove richieste dalla **UNI 4634**.

Per le costruzioni tubolari si farà riferimento alla **UNI 4633** per i giunti di testa.

Le saldature da effettuare con altri procedimenti devono essere eseguite da operai sufficientemente addestrati all'uso delle apparecchiature relative ed al rispetto delle condizioni operative stabilite in sede di qualifica del procedimento.

I lembi, al momento della saldatura, devono essere regolari, lisci ed esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Il disallineamento dei lembi deve essere non maggiore di 1/8 dello spessore con un massimo di 1,5 mm; nel caso di saldatura manuale ripresa al vertice, si potrà tollerare un disallineamento di entità doppia.

Nei giunti di testa ed in quelli a T a completa penetrazione effettuati con saldatura manuale, il vertice della saldatura deve essere sempre asportato, per la profondità richiesta per raggiungere il metallo perfettamente sano, a mezzo di scalpellatura, smerigliatura, od altro adeguato sistema, prima di effettuare la seconda saldatura (nel caso di saldature effettuate dai due lati) o la ripresa.

Qualora ciò non sia assolutamente possibile, si deve fare ricorso alla preparazione a V con piatto di sostegno che è, peraltro, sconsigliata nel caso di strutture sollecitate a fatica od alla saldatura effettuata da saldatori speciali secondo la citata **UNI 4634** o, nel caso di strutture tubolari, di classe TT secondo la citata **UNI 4633**.

13.4. Unioni per contatto

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate.

Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto segate o, se occorre, lavorate con la piallatrice, la fresatrice o la molatrice.

Per le membrature munite di flange di estremità si dovranno distinguere i seguenti casi:

- a) per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm è sufficiente la spianatura alla pressa o con sistema equivalente;
- b) per flange di spessore compreso tra i 50 ed i 100 mm, quando non sia possibile una accurata spianatura alla pressa, è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio;
- c) per flange di spessore maggiore di 100 mm le superfici di contatto devono sempre essere lavorate alla pialla o alla fresa.

Nel caso particolare delle piastre di base delle colonne si distingueranno i due casi seguenti:

- a) per basi senza livellamento con malta occorre, sia per la piastra della colonna che per l'eventuale contropiastra di fondazione, un accurato spianamento alla pressa e preferibilmente la piallatura o la fresatura;
- b) per basi livellate con malta non occorre lavorazione particolare delle piastre di base.

13.5. Prescrizioni particolari

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non abbiano giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dado e da consentire un serraggio normale.

Art. 14 - Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, dovranno essere idoneamente protetti tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel quale è collocato.

Devono essere particolarmente protetti gli elementi dei giunti ad attrito, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

Il progettista prescriverà il tipo e le modalità di applicazione della protezione, che potrà essere di pitturazione o di zincatura a caldo.

Gli elementi destinati ad essere incorporati in getti di conglomerato cementizio non dovranno essere pitturati: potranno essere invece zincati a caldo.

Capitolo 3 - PROVE VERIFICHE E COLLAUDO

Art. 15 - Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio

15.1. Generalità

I controlli richiesti per le strutture in acciaio potranno essere i seguenti:

- 1) esame visivo conformemente alle norme **CNR UNI 10011**;
- 2) controllo chimico che accerti che la composizione dei materiali rispecchi quanto previsto dalle norme suddette;
- 3) controllo con chiave dinamometrica che accerti che i bulloni di ogni classe siano serrati secondo quanto previsto dalla norma **CNR UNI 10011**.
- 4) controllo della corretta esecuzione delle saldature.

Data la complessità delle problematiche è consigliabile che il collaudatore si avvalga del supporto di strutture specializzate in questo genere di controlli aventi personale ed attrezzature adeguate.

Norme di riferimento:

CNR UNI 10011 Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

15.2. Prove preliminari di qualifica dei procedimenti di saldatura

L'impiego di elettrodi omologati secondo la norma **UNI 5132** esime da ogni prova di qualifica del procedimento. Per l'impiego degli altri procedimenti di saldatura occorre eseguire prove preliminari di qualifica intese ad accertare:

- l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nella struttura ottenendo giunti corretti sia per aspetto esterno che per assenza di sensibili difetti interni, da accertare con prove non distruttive o con prove di rottura sul giunto;

- la resistenza a trazione su giunti testa a testa, mediante provette trasversali al giunto, resistenza che deve risultare non inferiore a quella del materiale base;
- la capacità di deformazione del giunto, mediante provette di piegamento che dovranno potersi piegare a 180° su mandrino con diametro pari a 3 volte lo spessore per l'acciaio Fe 360 ed Fe 430 e a 4 volte lo spessore per l'acciaio Fe 510;
- la resilienza su provette intagliate a V secondo **EN 10045/1^a**, ricavate trasversalmente al giunto saldato, resilienza che verrà verificata a +20°C se la struttura deve essere impiegata a temperatura maggiore o uguale a 0 °C, o a 0 °C nel caso di temperature minori; nel caso di saldatura ad elettrogas o elettroscoria tale verifica verrà eseguita anche nella zona del materiale base adiacente alla zona fusa dove maggiore è l'alterazione metallurgica per l'alto apporto termico.

I provini per le prove di trazione, di piegamento, di resilienza ed eventualmente per altre prove meccaniche, se ritenute necessarie, verranno ricavati da saggi testa a testa saldati; saranno scelti allo scopo gli spessori più significativi della struttura.

Norme di riferimento:

UNI 5132 *Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simboleggiatura e modalità di prova.*

UNI EN 10045-1 *Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova.*

15.3. Classi delle saldature

Per giunti testa a testa, od a croce od a T, a completa penetrazione, si distinguono due classi di giunti:

Prima classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 3 o 4 secondo la norma **UNI 5132** - Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simboleggiatura e modalità di prova - o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1 del D.M. 9.1.96 e realizzati con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti debbono inoltre soddisfare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento B della **UNI 7278** - Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico. Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col metallo base specie nei casi di sollecitazione a fatica.

Seconda classe. Comprende i giunti effettuati con elettrodi di qualità 2, 3 o 4 secondo **UNI 5132** o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati al punto 2.4.1 del D.M. 9 gennaio 1996 e realizzati ugualmente con eliminazione dei difetti al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

Tali giunti devono inoltre soddisfare l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento F della **UNI 7278**.

L'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti con il materiale base.

Per entrambe le classi l'estensione dei controlli radiografici o eventualmente ultrasonori deve essere stabilita dal Direttore per l'esecuzione del contratto, sentito eventualmente il progettista, in relazione alla importanza delle giunzioni e alle precauzioni prese dalla ditta esecutrice, alla posizione di esecuzione delle saldature e secondo che siano state eseguite in officina o al montaggio.

Per i giunti a croce o a T, a completa penetrazione nel caso di spessori $t > 30$ mm, l'esame radiografico o con ultrasuoni atto ad accertare gli eventuali difetti interni verrà integrato con opportuno esame magnetoscopico sui lembi esterni delle saldature al fine di rilevare la presenza o meno di cricche da strappo.

Nel caso di giunto a croce sollecitato normalmente alla lamiera compresa fra le due saldature, dovrà essere previamente accertato, mediante ultrasuoni, che detta lamiera nella zona interessata dal giunto sia esente da sfogliature o segregazioni accentuate.

I giunti con cordoni d'angolo, effettuati con elettrodi aventi caratteristiche di qualità 2, 3 o 4 di cui alla norma **UNI 5132** - Elettrodi rivestiti per la saldatura ad arco degli acciai non legati e debolmente legati al manganese. Condizioni tecniche generali, simbologgiatura e modalità di prova - o con gli altri procedimenti indicati al punto 2.4.1 del D.M. 9 gennaio 1996, devono essere considerati come appartenenti ad una unica classe caratterizzata da una ragionevole assenza di difetti interni e da assenza di incrinature interne o di cricche da strappo sui lembi dei cordoni.

Il loro controllo verrà di regola effettuato mediante sistemi magnetici; la sua estensione verrà stabilita dal Direttore per l'esecuzione del contratto, sentito eventualmente il progettista e in base ai fattori esecutivi già precisati per gli altri giunti.

15.4. Controllo di qualità delle strutture saldate²⁷

Il controllo delle saldature come il collaudo e il controllo di qualità deve accertare che le giunzioni saldate corrispondano alla qualità richiesta dalle condizioni di esercizio e quindi progettuali.

Tuttavia le caratteristiche particolari del procedimento di giunzione mediante saldatura suggeriscono l'esecuzione di controlli in senso più lato, comprendente oltre al collaudo vero e proprio della saldatura, prove, verifiche preliminari e ispezioni in corso d'opera per prevenire esecuzioni errate prima del loro collaudo finale. Una corretta e scrupolosa progettazione strutturale dovrebbe essere completata da una corretta esecuzione delle opere, eseguendo gli opportuni controlli in corso d'opera, specie in presenza di saldature di significative parti della struttura, ciò per evitare riduzioni del coefficiente di sicurezza, che falserebbero le previsioni teoriche di calcolo²⁸.

Per un'ottimale saldatura bisogna fare riferimento ai seguenti punti:

- controllo di tutti i fattori di cui è già nota e certa l'influenza sicura, positiva o negativa (tipi di materiali, preparazione dei lembi, posizioni di saldatura, tecnica di saldatura, manodopera impiegata);
- valutazione pratica, mediante prove da effettuarsi prima della realizzazione dell'opera, dell'effetto di fattori di cui non è definibile a priori l'influenza e che possono essere collegati all'impiego di materiali, tecniche e condizioni di saldatura non consuete;
- applicazione di tutte le precauzioni che l'esperienza e le regole dell'arte suggeriscono;
- valutazione diretta dei risultati ottenuti sulle saldature dell'opera.

Il controllo delle saldature avviene nelle seguenti tre fasi:

- 1) *verifiche e prove preliminari;*
- 2) *ispezione durante la preparazione e l'esecuzione delle saldature;*
- 3) *controllo diretto dei giunti saldati.*

La prima fase è quella che viene tradizionalmente chiamata controllo indiretto delle saldature. Tra le verifiche e le prove preliminari, cioè precedenti l'esecuzione delle saldature della costruzione, il tecnico eseguirà l'esame della documentazione progettuale. Di esse sono rilevanti l'esame del progetto esecutivo in modo da potere fornire all'officina tutti i dati necessari e l'adeguatezza dei materiali e delle tecniche di saldatura previste.

Con l'ispezione durante la costruzione il tecnico potrà accertarsi che tutto quello che è stato stabilito nella documentazione tecnica fornita all'officina, e i particolari accorgimenti dalla buona pratica siano effettivamente adottati per garantire una migliore esecuzione della saldatura.

Con il controllo diretto invece si procede al collaudo vero e proprio del giunto realizzato.

Nella pratica il controllo non segue rigidamente le tre fasi.

Tabella 144.1. Controllo di qualità delle strutture saldate

Controllo indiretto	Controllo diretto
Esame della documentazione tecnica	Distruttivo
Prove di qualifica dei saldatori	Semidistruttivo
Prove di saldabilità dei materiali base	Non distruttivo
Prove sui materiali d'apporto	
Prove di qualifica dei procedimenti	

15.5. Difetti delle saldature

In generale i difetti di saldatura sono delle discontinuità che possono distinguersi nei seguenti due tipi ²⁹:

- *disomogeneità metallurgiche* (chimiche o strutturali) tra la zona fusa e/o la zona termicamente alterata ed il materiale base inalterato, nocive alle caratteristiche meccaniche e ad altre caratteristiche del giunto (per esempio tempra o ingrossamento del grano nella saldatura degli acciai al carbonio, precipitazione di fase sigma o di carburi di cromo nella saldatura degli acciai inossidabili austenitici al cromo-nichel);
- *discontinuità metalliche*, nocive essenzialmente alle caratteristiche meccaniche, ma che in certi casi possono influenzare anche altre caratteristiche del giunto come, ad esempio, cricche o inclusioni di scorie.

I difetti del primo tipo possono essere individuati con prove meccaniche, di resistenza alla corrosione, esami al microscopio metallografico.

I difetti del secondo tipo si individuano con controlli non distruttivi come l'esame radiografico o quello ultrasonico.

Si fa rilevare che con i controlli non distruttivi non si ha la possibilità di individuare i difetti del primo tipo, da ciò discende la particolare metodologia di collaudo delle costruzioni saldate, in cui grande importanza hanno i cosiddetti controlli indiretti.

15.5.1. Cricche

Si definisce cricca una discontinuità originatasi per strappo in materiale metallico originariamente continuo. Se le cricche hanno dimensioni molto ridotte (inferiori a circa 1 mm) vengono dette microcricche.

Le cricche sono il difetto più grave e temibile di un giunto saldato, poiché una cricca anche se di piccole dimensioni è sempre una rottura in atto che può essere suscettibile di ingrandirsi con il tempo a seconda delle condizioni di esercizio e delle sue caratteristiche iniziali, causando di conseguenza il cedimento del giunto.

15.5.2. Difetti esterni o di profilo

I difetti esterni o di profilo possono essere classificati come:

- eccesso di sovrametallo*. È riscontrabile nei giunti di testa. Erroneamente l'eccesso di sovrametallo non è considerato un difetto perché il maggiore spessore della saldatura può offrire al giunto una resistenza più

elevata. Ma in certe condizioni di servizio, come fatica, urti, bassa temperatura, un giunto del genere è meno resistente di uno di forma regolare a causa delle discontinuità geometriche che si creano ai bordi del metallo stesso;

- b) cordone d'angolo troppo convesso.* È tipico dei giunti d'angolo dovuto ad errato maneggio dell'elettrodo da parte del saldatore e dipendono da corrente eccessiva associata ad uno scorretto maneggio dell'elettrodo;
- c) incisioni marginali.* Sono presenti nei cordoni eseguiti manualmente più frequentemente in posizione diversa da quella piana e dipendono dalla scarsa abilità del saldatore;
- d) irregolarità superficiale.* Si riscontra quando le maglie del cordone anziché essere disposte parallelamente una di seguito all'altra, hanno andamento irregolare, con variazioni di profilo del cordone, avvallamenti denunciati ai punti di ripresa, ecc.;
- e) slivellamento dei lembi.* È dovuto al montaggio imperfetto che non consente la possibilità di eseguire una saldatura regolare;
- f) spruzzi e sputi.* Sono depositi più o meno grandi e dispersi, generalmente incollati sulla superficie del metallo base vicino al cordone. Sono difetti tipici della saldatura manuale ad elettrodi rivestiti (basico e cellulosico) e del procedimento MAG;
- g) colpi d'arco.* Consistono in una fusione, localizzata del materiale base avvenuta generalmente senza materiale d'apporto. Sono difetti tipici della saldatura manuale ad arco erroneamente innescato sul materiale e non, come di regola, su un lembo del cianfrino.

15.5.3. Pericolosità e criteri di accettabilità dei difetti

Nel considerare la pericolosità di un difetto e quindi nel fissare un criterio di accettabilità dello stesso (eventualmente in funzione delle sue dimensioni), non si può astrarre dal contesto in cui tale difetto si trova.

È necessario considerare il tipo di sollecitazione cui il giunto è sottoposto, il tipo e l'importanza della struttura di cui il giunto fa parte, le caratteristiche del materiale e molti altri fattori:

- a) sollecitazioni statiche.* I difetti siano essi superficiali o interni, riducono la sezione resistente del giunto, con conseguente aumento del livello di tensione medio ed una diminuzione della capacità di carico del giunto;
- b) sollecitazioni di fatica.* L'effetto di intaglio (aumento di tensione locale) cui dà luogo il difetto limita notevolmente la resistenza del giunto.
- c) servizio a bassa temperatura.* Nel caso di costruzioni saldate che lavorano a bassa temperatura è un aspetto dannoso dei difetti, poiché comporta l'aumento del grado di pluriassialità delle tensioni, con conseguente limitazione delle entità delle tensioni di taglio e possibilità di innesto e propagazione di rotture fragili ³⁰.

I criteri di accettabilità dei difetti devono essere più severi quando la costruzione saldata deve sopportare condizioni di servizio onerose eventualmente aggravate dalla presenza di sollecitazioni ripetute e/o rischio di rottura fragile.

15.6. Controlli non distruttivi

15.6.1. Metodo dei liquidi penetranti

Il metodo dei liquidi penetranti costituisce per la sua semplicità di impiego il primo metodo impiegato per l'esecuzione di controlli non distruttivi. I liquidi impiegati sono di aspetto oleoso, colorato con alta capacità di penetrazione anche nelle fessure più sottili e cricche più invisibili presenti sulla superficie dell'elemento metallico. Una volta rimossa la parte di liquido rimasta in superficie, quella presente nelle eventuali fessure e

nelle cricche viene opportunamente evidenziata individuando così il difetto costruttivo dell'elemento strutturale.

Le fasi del metodo sono le seguenti:

1. *Pre-lavaggio.* Per favorire la penetrazione del liquido in eventuali fessure o cricche è necessario eseguire il lavaggio preliminare dell'elemento con prodotti sgrassanti o solventi organici per pezzi nuovi e con paste abrasive, soluzioni saponate, ecc. per pezzi usati;
2. *Applicazione.* Consiste nell'applicazione del liquido penetrante ³¹ sulla superficie dell'elemento per immersione, tamponatura o spruzzo;
3. *Lavaggio.* Ha lo scopo di rimuovere il liquido in eccesso rimasto sulla superficie dell'elemento metallico evitando però di rimuovere quello penetrato;
4. *Sviluppo.* Per migliorare la visibilità del liquido colorato penetrato viene applicata della polvere di sviluppo o mezzo di contrasto;
5. *Osservazione.* Ha lo scopo di valutare ed interpretare l'entità (della fessura o della cricca) dei difetti evidenziati.

15.6.1.1. Norme UNI di riferimento

- UNI 8374** *Prove non distruttive. Prodotti per l'esame con liquidi penetranti. Classificazione, caratteristiche e prove.*
- UNI EN 1289** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo delle saldature mediante liquidi penetranti. Livelli di accettazione.*
- UNI EN 473** *Qualifica e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*
- UNI EN 571-1** *Prove non distruttive. Esame con liquidi penetranti. Principi generali.*
- UNI EN ISO 3452-4** *Prove non distruttive. Esame con liquidi penetranti. Attrezzatura.*

15.6.2. Metodo magnetico

È un metodo economico ed efficace per il controllo non distruttivo di elementi metallici per l'individuazione dei difetti superficiali o semi superficiali.

Il principio del metodo consiste nella magnetizzazione dell'elemento metallico sfruttando il fattore che i difetti si comportino come campi magnetici dispersi.

Il metodo si applica nelle seguenti fasi:

Smagnetizzazione preliminare, qualora necessaria, per l'eliminazione di eventuali tracce di magnetismo residuo in parti dell'elemento;

Sgrassaggio superficiale dell'elemento con solventi per evitare forme di trattenimento di polvere magnetica;

Magnetizzazione. Può essere del tipo longitudinale o trasversale o combinato. Il campo magnetico può essere generato facendo attraversare l'elemento da corrente elettrica (alternata, continua o raddrizzata in semionda);

Applicazione della polvere magnetica;

Ispezione per l'individuazione dei difetti sulla base del colore e della fluorescenza delle tracce lasciate dalla polvere magnetica;

Smagnetizzazione finale dell'elemento controllato per consentirne la successiva lavorazione od ulteriore controllo.

Il metodo di controllo può essere applicato soltanto a materiali ferromagnetici, quindi sono da escludersi le leghe leggere e gli acciai austenitici.

15.6.3. Metodo ultrasonico

Il metodo ultrasonico consente di rilevare difetti anche a considerevoli profondità e in parti interne dell'elemento a condizione che esso sia un conduttore di onde sonore. È utilizzato ampiamente per il controllo delle saldature specialmente a piena penetrazione.

I metodi ultrasonici si possono classificare in:

- *tecnica per trasmissione o per trasparenza.* La tecnica si basa sulla misurazione delle onde ultrasoniche inviate da una sonda emittente che dopo avere attraversato l'elemento arrivano ad una sonda ricevente posizionata nella parte opposta;
- *tecnica per riflessione.* La tecnica utilizza un solo trasduttore angolare rice-trasmittente e sfrutta l'energia degli ultrasuoni, continue o ad impulsi, che vengono riflessi dalla parete di fondo o eventualmente dalle superfici del difetto presente nell'elemento da esaminare. Mediante la misura della variazione di intensità delle onde ultrasoniche, misurate con un oscillografo, che le rappresenta con uno oscillogramma. Il diagramma inizia sempre con un picco (impulso di emissione), la presenza di difetto è rappresentata da un picco di altezza minore (eco di difetto), che ne indica anche la posizione;
- *tecnica per risonanza.* La tecnica si basa sul fenomeno della risonanza quando l'elemento viene attraversato da un'onda ultrasonica continua;
- *tecnica ad echi multipli.* La tecnica è una variante di quella per riflessione.

Il metodo per riflessione consiste nello sfruttare la particolare capacità di alcuni materiali, detti trasduttori, che trasformano l'energia meccanica in energia elettrica e viceversa. Tramite tali materiali, conglobati in un piccolo zoccolo con una superficie piena di plexiglass, vengono inviati degli impulsi nel materiale da controllare, usando un opportuno liquido di accoppiamento, come per una normale ecografia medica.

Le eventuali discontinuità rifletteranno più o meno completamente il fascio di ultrasuoni che verrà quindi convertito in impulso elettrico. Esso darà luogo ad un segnale che un oscillografo a raggi catodici, opportunamente tarato in maniera da mettere in relazione il tempo del percorso all'interno del materiale con lo spazio effettivamente percorso, evidenzierà il difetto con dei picchi. In assenza di difetti, si avrà un solo picco corrispondente alla superficie riflettente del materiale (il cosiddetto eco di fondo); in presenza di difetti un eventuale picco indicherà sicuramente un'imperfezione, che, localizzata con semplici considerazioni trigonometriche, andrà studiata per valutarne l'importanza. In questa maniera è possibile individuare anche la posizione del difetto nello spessore del materiale in esame.

Le onde ultrasoniche possono essere inviate sia ortogonalmente alla superficie del materiale in esame, sia con una certa inclinazione; semplici applicazioni trigonometriche permetteranno di conoscere precisamente la distanza, l'estensione e la profondità del difetto.

15.6.3.1. Norme UNI di riferimento

- | | |
|-----------------|--|
| UNI 7603 | <i>Prove non distruttive dei materiali ferrosi. Controllo con ultrasuoni delle saldature longitudinali od elicoidali dei tubi di acciaio saldati ad arco sommerso.</i> |
| UNI 8769 | <i>Prove non distruttive. Apparecchiature ad ultrasuoni. Verifica delle caratteristiche controllabili mediante blocchi di calibrazione.</i> |
| UNI 9094 | <i>Prove non distruttive. Determinazione della velocità di propagazione degli ultrasuoni nei materiali solidi.</i> |

- UNI EN 10246-7** *Prove non distruttive dei tubi di acciaio. Controllo automatico con ultrasuoni per la ricerca di imperfezioni longitudinali su tutta la circonferenza di tubi di acciaio senza saldatura e saldati (escluso all'arco sommerso).*
- UNI EN 1712** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. Livelli di accettabilità.*
- UNI EN 1714** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati.*
- UNI EN 27963** *Saldature in acciaio. Blocco di riferimento N° 2 per il controllo mediante ultrasuoni delle saldature.*
- UNI EN 473** *Qualifica e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*
- UNI EN 583-1** *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Principi generali.*
- UNI ISO 9305** *Tubi di acciaio senza saldatura per impieghi a pressione. Controllo con ultrasuoni su tutta la circonferenza per la rilevazione di imperfezioni trasversali.*
- UNI ISO 9764** *Tubi di acciaio saldati per resistenza elettrica o a induzione per impieghi a pressione. Rilevazione delle imperfezioni longitudinali nel cordone di saldatura mediante controllo con ultrasuoni.*

15.6.4. Metodo radiografico

L'esame dell'elemento è effettuato sfruttando i raggi X e la loro capacità di penetrare i metalli fino ad una certa profondità. In sostanza il metodo si fonda sull'assorbimento differenziale dei raggi X (o Gamma) da parte dell'elemento da controllare e sull'annerimento della pellicola - posta alle spalle dell'elemento - sensibile alle radiazioni emergenti. Offre quindi possibilità simili a quelle dell'esame ultrasonoro. Quest'ultimo infatti è in grado di stabilire le coordinate spaziali dell'eventuale difetto, mentre l'esame radiografico ne mostra un'immagine bidimensionale piatta.

I risultati inoltre non sono immediati come nel caso del controllo ultrasonoro, perché le lastre radiografiche vanno ovviamente sviluppate e quindi lette sull'idoneo visore.

Per quanto riguarda il controllo radiografico si segnala la tabella riportata dalla **UNI 7278** relativa ai gradi di difettosità nelle saldature testa a testa e che ha lo scopo di dare degli orientamenti uniformativi sui criteri di giudizio. La tabella, pur considerando vari tipi di costruzioni e varie condizioni di servizio, non dà regole per l'accettabilità dei difetti, ma li raggruppa opportunamente in gradi e fornisce esempi di categorie di qualità delle saldature, che possono essere scelte dal progettista o dal collaudatore come regola di accettabilità, quando non vi siano ragioni particolari che consigliano l'adozione di criteri diversi.

15.6.4.1. Norme UNI di riferimento

- UNI 7278** *Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico. Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione*
- UNI 10660** *Prove non distruttive. Controllo radiografico mediante raggi X di manufatti plastici e/o compositi. Criteri generali.*
- UNI EN 12517** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo radiografico dei giunti saldati. Livelli di accettabilità.*
- UNI EN 1330-3** *Prove non distruttive. Terminologia. Termini utilizzati nel controllo radiografico industriale.*
- UNI EN 1435** *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo radiografico dei giunti saldati.*
- UNI ISO 4993** *Getti di acciaio. Controllo radiografico.*

UNI SPERIMENTALE 7278 *Gradi di difettosità nelle saldature testa a testa riferiti al controllo radiografico. Dimensioni, simboli ed esempi di applicazione.*

15.7. Strutture imbullonate

I bulloni sono organi di collegamento tra elementi metallici, introdotti in fori opportunamente predisposti, composti dalle seguenti parti:

- gambo completamente o parzialmente filettato con testa esagonale (vite);
- dado, che viene avvitato nella parte filettata della vite;
- rondelle.

In presenza di vibrazioni dovuti a carichi dinamici, per evitare lo svitamento del dado vengono applicati rondelle elastiche oppure dei controdadi.

15.7.1. Esecuzione e controllo delle unioni

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbiatura al metallo bianco; è ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica.

Il serraggio dei bulloni può essere effettuato:

- a) mediante chiave dinamometrica a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata, tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$. Il valore della coppia di serraggio T_S da applicare sul dado o sulla testa del bullone, in funzione dello sforzo normale N_S presente nel gambo del bullone è dato dalla seguente relazione:

$$T_S = 0,20 \cdot N_S \cdot d$$

dove d è il diametro nominale di filettatura del bullone, $N_S = 0,80 \cdot f_{K,N} \cdot A_{res}$ essendo A_{res} l'area della sezione resistente della vite e $f_{K,N}$ tensione di snervamento.

La norma CNR 10011 detta precise regole riguardo le dimensioni che devono avere i bulloni normali e quelli ad alta resistenza, i materiali impiegati per le rosette e le piastrine, il modo di accoppiare viti e dadi ed il modo in cui devono essere montate le rosette.

Tabella 144.3. Valori dell'area resistente, della forza normale e della coppia di serraggio per vari tipi di bulloni (CNR 10011)

Diametro o D (mm)	Area resistente	Coppia di serraggio Ts (N□ m)	Forza normale Ts (kN)
-------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------------------

	Ares (mm ²)	4,6	5,6	6,6	8,8	10,9	4,6	5,6	6,6	8,8	10,9
12	84	39	48	58	90	113	16	20	24	38	47
14	115	62	77	93	144	180	22	28	33	52	64
16	157	96	12	14	225	281	30	38	45	70	88
18	192	13	1	5	309	387	37	46	55	86	108
20	245	3	16	19	439	549	47	59	71	11	137
22	303	18	6	9	597	747	58	73	87	0	170
24	353	8	23	28	759	949	68	85	10	13	198
27	459	25	5	2	111	1388	88	11	2	6	257
30	561	6	32	38	0	188	10	0	13	15	314
		32	0	4	0	5	8	13	2	8	
		5	40	48	150	8		5	16	20	
		47	7	8	8				1	6	
		6	59	71						25	
		64	5	4						1	
		6	80	96							
			8	9							

b) mediante serraggio a mano o con chiave a percussione fino a porre a contatto le lamiere fra testa e dado.
Si dà infine una rotazione al dado compresa fra 90° e 120° con tolleranze di 60° in più.

Durante il serraggio la norma CNR UNI 10011 consiglia di procedere nel seguente modo:

- serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60% della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni;
- ripetere l'operazione, come sopra detto, serrando completamente i bulloni.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per fare ruotare ulteriormente di 10° il dado;

dopo avere marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

Nella pratica esecutiva del controllo in situ si usa verniciare di colore verde i bulloni che risultano conformi ed in rosso quelli non conformi. Le indagini vengono condotte redigendo delle tabelle, una per ogni collegamento, nelle quali vengono riportati le seguenti caratteristiche: valore della coppia di serraggio, mancanza del bullone, non coincidenza tra gli assi del foro e del bullone, ecc..

NOTE

- 1 Norma CNR n. 159, anno XXVI, pubblicata sul Bollettino Ufficiale Consiglio Nazionale delle Ricerche, Parte IV, Norme Tecniche del 23 dicembre 1992.
- 2 ASTM C42-90, *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*.
- 3 CENT/TC104/SC1/TG11 n. 49, draft prPEN, *Assessment of concrete compressive strenght structures or in structural elements*.
- 4 L'ANAS assume $D = 2,00$ per perforazioni verticali e $D = 1,84$ per perforazioni orizzontali (Notiziario e Bollettino Ufficiale, gennaio - febbraio - marzo 1988).
- 5 Colleparidi M., *Scienza e tecnologia del calcestruzzo*, Milano 1991.

6 Tale metodica fa la sua comparsa in Russia nei primi anni trenta. Successivamente, sebbene con procedure diverse, trova una sua limitata applicazione in USA ed in Canada ed in tempi più recenti nei paesi Scandinavi. Oggi, grazie al nuovo ruolo acquisito dai metodi di prova non distruttivi nella valutazione sia della resistenza, in situ, di strutture esistenti, sia come controllo della qualità dei manufatti prodotti in stabilimento, che si sono create le condizioni per una più ampia sperimentazione ed applicazione. In Italia i primi studi cominciano introno al 1976, presso l'Istituto di Scienza delle Costruzioni del Politecnico di Torino.

7 Le prove, suffragate anche da considerazioni teoriche basate sulla rottura plastica del calcestruzzo hanno mostrato che la forza P_0 dipende essenzialmente dalla resistenza a compressione solamente per angoli b del tronco di cono estratto compresi fra 30° e 35° .

Per angoli $b > 45^\circ$, P_0 coincide, a meno di una costante di proporzionalità, con la resistenza a trazione, per calcestruzzi ad alta resistenza, nei quali generalmente la resistenza a trazione, e quindi P_0 , tende a stabilizzarsi al crescere della resistenza a compressione; ciò comporta l'impossibilità di misurazioni significative

In tal caso infatti a variazioni anche modeste di P_0 lette sulle ordinate di tale diagramma, corrispondono sull'asse delle ascisse variazioni $D R$ molto grandi.

Questo inconveniente non si verifica invece per angoli $b @ 33^\circ$ per i quali la relazione $P_0 - R$ è una funzione lineare.

Il meccanismo di rottura del conglomerato con distacco dell'elemento tronco conico dovuto alla asportazione dello stelo di acciaio può essere spiegato con il criterio di rottura per scorrimento di Coulomb con alcuni adattamenti che tengono conto della plasticità del calcestruzzo. Tale criterio come è noto è dato da:

$$t = c - s \operatorname{tg} j \quad (1)$$

in cui t e s sono rispettivamente la tensione tangenziale e normale alla superficie di scorrimento, mentre c e j indicano la coesione e l'angolo di attrito interno del materiale.

L'angolo j dei calcestruzzi è funzione della qualità degli aggregati e del trasporto acqua/cemento e varia da 34° a 43° circa, pertanto mediamente $j = 35^\circ$.

In sintesi una rappresentazione simbolica del meccanismo di rottura precedente può essere schematizzata come nel seguito: la porzione di calcestruzzo compresa fra lo stelo e l'anello di contrasto costituisce una serie di bielle rigide, con l'asse disposto secondo la direzione delle isostatiche di compressione, mentre le zone tese, ad esse perpendicolari, costituiscono altrettanti tiranti. La struttura si rompe per cedimento del calcestruzzo compresso.

8 La tecnica di tipo penetrometrico per la stima della resistenza del calcestruzzo, nota come sonda Windsor, ottiene un consistente sviluppo intorno alla metà degli anni sessanta grazie alla collaborazione fra una Committente pubblica, la Port of New York Authority, New York e l'impresa manifatturiera privata, la Windsor Machinery Co., Connecticut.

I risultati delle ricerche promosse dalla Port of New York Authority, furono presentati nel 1970, al convegno del: Committee on Mechanical Properties of Concrete, Highway Research Board, Washington, D.C.

La prova fornisce una misura della durezza superficiale analogamente agli altri metodi basati sulla misura dell'impronta, martello a molla di Frank, o il martello a pendolo di Einbek, o sul principio del rimbalzo, sclerometro di Schimdt.

Gli studi e le indagini sperimentali sono state finalizzate stabilire correlazioni empiriche fra la penetrazione della sonda e la resistenza a compressione di un calcestruzzo. La tesi originariamente sostenuta che la penetrazione della sonda rifletta la "precisa resistenza a compressione in un'area localizzata", non è strettamente vera, è però vero che il metodo corredato di una opportuna curva di calibrazione riferita al diametro dell'inerte ed alla sua durezza, misurata secondo la scala di Mohs specifica di una determinata produzione di calcestruzzo, consente la stima qualitativa della classe di resistenza a compressione.

⁹ Il metodo di prova è relativamente semplice ed è sufficientemente illustrato nel manuale d'uso fornito dalla casa costruttrice e nella ASTM C 803.

¹⁰ Le prove sclerometriche trovano fondamento nella correlazione, trovata da Schimdt, fra la durezza superficiale di un calcestruzzo e la sua resistenza a compressione. I grossolani limiti del metodo, riconducibili alla poca rappresentatività di misure influenzate da condizioni locali non catalogabili: dimensione degli inerti o presenza di barre in coincidenza delle battute; effetti del fenomeno di carbonatazione, o dell'eventuale degrado della pasta di cemento, sulla durezza superficiale suggerirebbero altre e più valide alternative, però la notevole economicità dell'attrezzatura, la semplicità di esecuzione e la notevole diffusione, anche fra i non addetti ai lavori, impongono una riflessione, infatti esistono riferimenti normativi, nazionali UNI 9189 ed esteri per esempio ASTM C 805, che descrivono rigorosamente la procedura cui riferirsi per eseguire la prova, i campi di applicazione e le limitazioni del metodo. Con tali premesse la stima della resistenza a compressione di un calcestruzzo, realizzata con metodi basati sulla durezza superficiale, non può che essere qualitativa ed utilizzabile per il confronto di getti omogenei o per la stima dell'indurimento relativo di un calcestruzzo, in tutti questi casi è indispensabile la presenza di una curva di taratura sperimentale specifica per quella categoria di componenti.

¹¹ Un impulso, applicato ad una massa solida, genera tre tipi di onde: superficiali, che hanno uno spostamento ellittico della particella, sono le più lente; di taglio o trasversali che hanno uno spostamento della particella perpendicolare alla direzione di propagazione, sono più veloci delle precedenti; longitudinali, con spostamento della particella nella direzione di propagazione, sono note anche con il nome di onde di compressione, sono le più importanti perché sono le più veloci e ci forniscono le informazioni più utili.

I trasduttori elettro acustici producono principalmente onde di questo ultimo tipo; gli altri tipi di onde, per la loro velocità più lenta, sono invece causa di piccole interferenze. La velocità dell'onda dipende oltre che dalle proprietà elastiche anche dalla massa del mezzo, per cui una volta note la massa e la velocità dell'onda, sarà possibile determinare le proprietà elastiche.

¹² Per la stesura di questo paragrafo si è fatto riferimento alle *Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

¹³ Vi sono casi in cui le condizioni di funzionamento del palo durante la prova di carico e durante l'esercizio sono profondamente diverse: tipico è il caso dei pali che, nella parte superiore, attraversano terreni coerenti teneri in fase di consolidazione destinati ad esercitare nel tempo attrito negativo; le condizioni di esercizio sono perciò più sfavorevoli di quelli della prova. In queste condizioni affinché la prova di carico sia significativa, alla testa del palo è opportuno applicare oltre ad un multiplo prefissato del carico di esercizio, un carico all'incirca doppio della resistenza laterale stimata nello strato compressibile.

¹⁴ L'interpretazione delle misure relative a questa prova richiede la conoscenza della rigidità flessionale del palo alle varie profondità. Nei pali tubolari in acciaio vanno perciò misurati diametro e spessore delle pareti in più punti prima della loro infissione. Nei pali gettati in opera la geometria del palo può essere dedotta o in base ai successivi volumi di calcestruzzo gettato o da misure del diametro del foro effettuate a diverse profondità con apposito calibro. Il modulo di elasticità del calcestruzzo del palo dovrebbe essere ricavato sperimentalmente su provini.

¹⁵ La prova è stata sviluppata in Francia dal *Centre Expérimental de Recherches et D'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics* (CEBTP).

¹⁶Carrubba P. - Maugeri M., *Interpretazione delle prove di ammettenza meccanica*, in CIAS, *Tecniche per il controllo non distruttivo dei pali di fondazione*, Catania 16 dicembre 1994.

¹⁷Viaggini C., *Fondazioni*, op. cit.

¹⁸CND. Controlli non distruttivi s.r.l., *Metodi non distruttivi di controllo delle fondazioni profonde*, Roma.

¹⁹CND. Controlli non distruttivi s.r.l., op. cit.

²⁰CND. Controlli non distruttivi s.r.l., op. cit.

²¹*Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

²²*Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

²³*Raccomandazioni per l'esecuzione di prove su tiranti in roccia*, Raccomandazioni ISRM, in Rivista Italiana di geotecnica, n. 1, 1993.

²⁴Il carico di Lock-off è il carico trasferito al dispositivo di bloccaggio immediatamente al termine dell'operazione di tesatura del tirante.

²⁵Per la stesura del seguente paragrafo si è fatto riferimento alle Raccomandazioni AICAP, *Ancoraggi nei terreni e nelle rocce*, 1991.

²⁶Il seguente paragrafo riporta integralmente le Raccomandazioni AICAP, *Ancoraggi nei terreni e nelle rocce*, 1993.

²⁷Metalcontrol. Controlli non distruttivi. *Principi di controllo di qualità e di collaudo delle strutture saldate*, Palermo.

²⁸G. Nardoni - P. Nardoni - M. Trainini - A. Trainini, *Diagnosi del crollo di una palestra. Esempio di non applicazione delle prove non distruttive*, in AIPnD, *Sistema qualità e prove non distruttive per l'affidabilità e la sicurezza delle strutture civili*, Bologna - SAIE 1994, 21 ottobre 1994. L'indagine condotta dalla Commissione ha attribuito il crollo della palestra unicamente a difetti di esecuzione di saldature. A causa del cedimento della saldatura è diminuita la capacità resistente in campo elastico di una trave poi collassata, poiché le tensioni nell'acciaio e nel conglomerato cementizio hanno raggiunto valori pari a quelli che provocano la plasticizzazione della sezione.

²⁹Il giunto saldato ha la particolarità caratteristica di unire permanentemente due parti solide realizzando la continuità del materiale; proprio per questa ragione le costruzioni saldate sono spesso definite monolitiche. Qualora detta continuità sia imperfetta, si ha un difetto di saldatura, ma non tutte le imperfezioni delle saldature sono catalogabili come difetti di saldatura. Infatti in una costruzione saldata si possono verificare inconvenienti anche dopo un certo periodo di esercizio ed è spesso difficile stabilire se essi sono stati causati proprio dalle alterazioni determinate dal procedimento di saldatura o da altre cause.

Le condizioni di servizio possono, ad esempio determinare inconvenienti come:

- cricche (da attacco corrosivo, da tensocorrosione, da fatica, ecc.);
- cavità superficiali provocate da corrosioni;
- alterazioni strutturali come ingrossamento del grano;
- precipitazioni di fasi nocive alla resistenza meccanica o a quella alla corrosione del materiale dovute a trattamenti termici non corretti o a condizioni termiche di esercizio non adatte ai materiali adottati.

³⁰Una rottura fragile può innescarsi anche lontano dal giunto saldato, con basso livello di sollecitazione esterna, e propagarsi fulmineamente senza deformare plasticamente il materiale in corrispondenza della frattura (fragilità)

³¹Il tipo di liquido penetrante dipende dagli obiettivi del metodo di controllo.

³²Zarri F., *Prove non distruttive sulle costruzioni in legno lamellare*, in *Sistema qualità e prove non distruttive per l'affidabilità e la sicurezza delle strutture civili*, Bologna, SAIE, 21 ottobre 1994.

