

Augusto Bortolussi

**Relazione scientifica sull'attività di ricerca svolta nel periodo
3 – 28 Luglio 2006 presso la CRCMining, The University of
Queensland, Brisbane, Australia.**

Introduzione.

Il programma di attività sviluppato presso The University of Queensland, Cooperative Research Centre Mining, di Brisbane, Australia, si inserisce nell'ambito della tematica di ricerca sullo scavo meccanizzato assistito da getti d'acqua ad alta pressione (waterjet), già da anni oggetto di studio presso l'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del CNR, approfondito anche in progetti di collaborazione internazionale.

L'attività svolta sino ad oggi presso l'IGAG ha preso in esame lo scavo meccanizzato basato sull'impiego di picchi e di dischi a rotolamento semplice, assistiti o meno da waterjet, e le sperimentazioni sono state condotte in laboratorio grazie ad un sistema appositamente realizzato che consente il raggiungimento di velocità di traslazione di oltre 1 m/s.

La cooperazione con il CRCMining di Brisbane ha consentito una serie di sperimentazioni di scavo mediante dischi oscillanti (ODC), tecnologia che richiede l'impiego di macchinari specifici presenti presso l'istituzione ospitante che ha nel campo un'esperienza internazionalmente riconosciuta.

La tecnologia dei dischi oscillanti presenta caratteristiche di innovazione, rispetto alle più tradizionali tecnologie basate sull'impiego di picchi o dischi, che la rendono estremamente promettente riguardo le possibili applicazioni a livello industriale.

L'attività ha previsto la realizzazione di una serie di test di scavo meccanizzato mediante l'applicazione della tecnologia dei dischi oscillanti assistiti da waterjet con la variazione dei diversi parametri di regolazione del sistema.

In particolare lo scopo della ricerca è quello di valutare l'effetto dei getti d'acqua ad alta pressione in relazione alla velocità di traslazione dell'utensile, alla profondità di scavo imposta, all'eccentricità di oscillazione e alla sua frequenza. I risultati attesi sono relativi ad una maggiore regolarità dell'azione di scavo con la riduzione dei quei picchi di forza che normalmente hanno effetti negativi sul sistema.

I parametri di riferimento per tale valutazione saranno l'andamento istantaneo delle forze applicate, misurabile mediante trasduttori triassiali, la rotazione del disco (normalmente non imposta dal sistema) e la curva granulometrica del materiale risultante dallo scavo.

La tecnologia ODC

La tecnologia ODC, Oscillating Disk Cutter, è stata introdotta circa 30 anni fa da D.Sugden (consulente della Robbins Company dal 1968 al 1996) ed è stata poi sviluppata in collaborazione con la Terratec Asia Pacific (compagnia con sede in Tasmania) per la realizzazione di un prototipo da laboratorio e successivamente di un prototipo di una macchina industriale (fig.1), la cui sperimentazione prosegue attualmente alla CRCMining. Tale tecnologia è basata sull'applicazione alla roccia di un carico ciclico, mediante l'oscillazione della testa di taglio, che produce un'azione di scavo che presenta caratteristiche di produttività estremamente vantaggiose rispetto alle tecnologie tradizionali basate sull'applicazione di un carico quasi costante.



Figura 1 - ODC Prototipo industriale

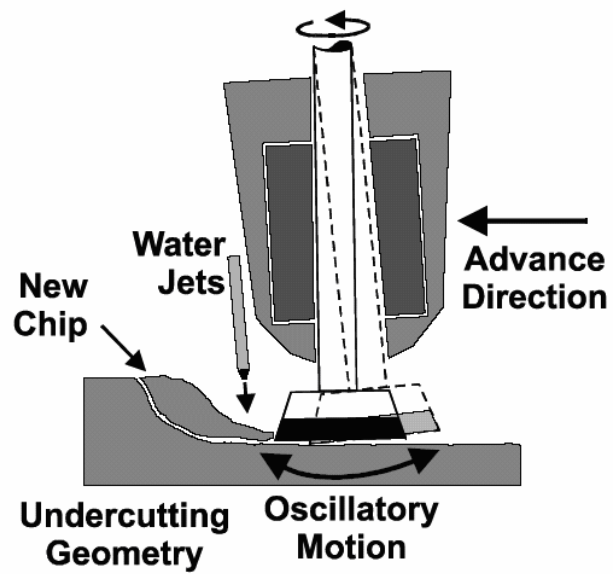


Figura 2 - rappresentazione schematica della testa di taglio

L'ODC è una tecnologia nel quale un disco operante in undercutting, viene fatto oscillare durante le operazioni di taglio (Figura 2). Questo comporta dei carichi ciclici sulla roccia, con una determinata e settabile frequenza, che producono una riduzione della resistenza della roccia e di conseguenza una diminuzione delle forze richieste per romperla. Per attenuare i picchi di forza che sono legati a qualunque operazione di taglio meccanico, l'utensile è circondato da una massa che produce una riduzione della loro ampiezza.

La riduzione delle forze che può essere ottenuta con il sistema ODC è notevole. In fig.3 è riportato in alto il grafico delle forze necessarie ad un sistema a dischi convenzionali a produrre un solco di 10 mm di profondità e 25 mm di larghezza in un granito con resistenza a compressione di 160 MPa, applicando una forza di taglio di circa 550 kN. Nella stessa Figura 3 in basso è riportato il grafico corrispondente per il sistema ODC applicato alla stessa roccia per creare un solco della medesima profondità ma con una larghezza di 50 mm, con una forza di taglio di circa 12 kN.

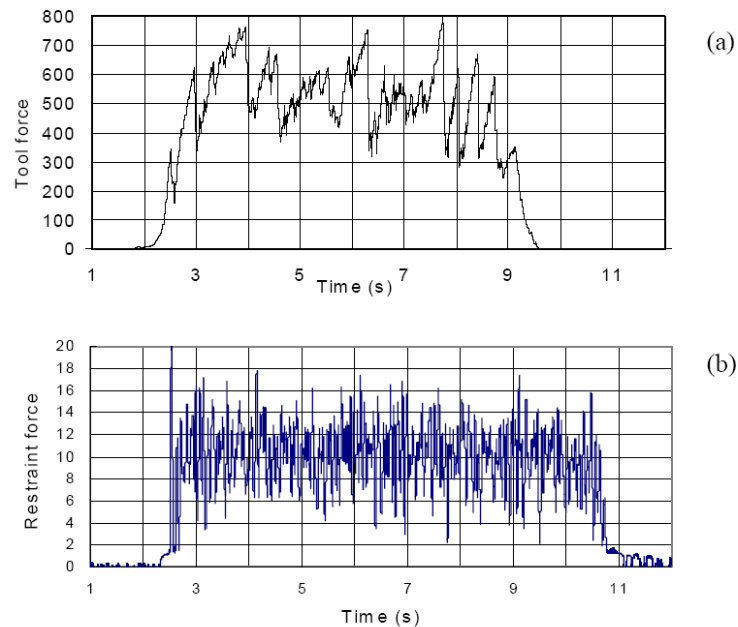


Figura 3 - Confronto tra forze applicate nel caso di tecnologia tradizionale (alto) e tecnologia ODC (basso).

Per ridurre ulteriormente il valore delle forze richieste e per ridurre i picchi si è pensato di applicare la tecnologia waterjet in combinazione all'utensile di taglio. Tale accorgimento ha prodotto, oltre ad una aspettata diminuzione dell'usura dell'utensile e delle forze verticali, anche una riduzione delle forze di taglio.

Apparato sperimentale

L'apparato sperimentale, illustrato in figura 4, è costituito da un telaio di supporto di circa 3.5 m di lato sul quale sono montati il pistone idraulico di controllo dei carichi verticali, il carrello di movimentazione del blocco di roccia ed il sistema di sensori per la misura dei carichi.

Al pistone verticale è connesso il sistema di taglio che è composto dalla testa di taglio, dal sistema di controllo dell'oscillazione e dalla massa inerziale per la stabilizzazione dei carichi.



Figura 4 - Apparato sperimentale



Figura 5 - Testa di taglio



Figura 6 - Tracce delle prove di scavo

Le sperimentazioni

Le sperimentazioni sono state condotte su una roccia metamorfica ricca di pirosseni, con presenza di cristalli di phlogopite, solfati e plagioclasti.

Le caratteristiche meccaniche della roccia sono le seguenti:

Resistenza a compressione uniassiale:	158 MPa
Resistenza a trazione (Brazilian test):	13 MPa
Modulo di Young:	100 GPa
Rapporto di Poisson:	0.3
Durezza Shore:	58
Indice di abrasività Cerchar:	2.8

Le prove di scavo effettuate hanno previsto l'impiego di una testa di taglio della larghezza di 10 cm (Figura 5) per la realizzazione di solchi prodotti a profondità costante. In Figura 6 sono illustrati alcuni dei solchi prodotti.

Nel piano sperimentale è stata prevista la variazione della profondità di scavo impostata e la velocità relativa tra blocco e testa di taglio.

Per ogni prova sono state registrate le forze verticali e le forze di taglio, è stata misurata la profondità media effettiva di scavo e sono stati raccolti i detriti generati.

Risultati

I risultati ottenuti in termini di forze di taglio al variare della profondità di scavo e della velocità di traslazione sono riportati ne seguenti grafici di Figura 7 e 8 rispettivamente.

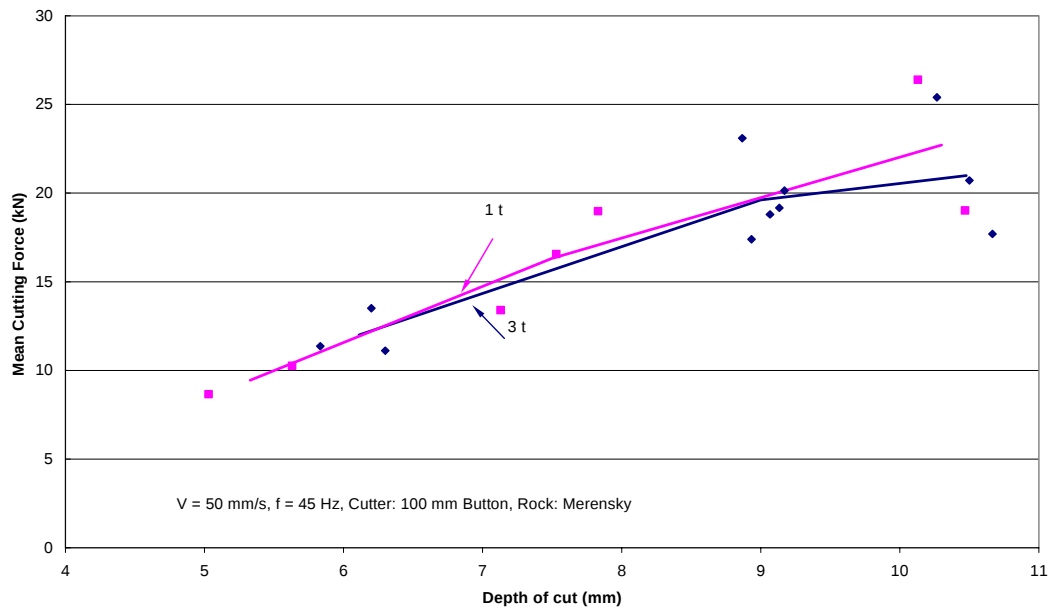


Figura 7 - Forza di taglio media in funzione della profondità di scavo

Per entrambi i parametri si riscontra un aumento delle forze applicate al crescere del loro valore.

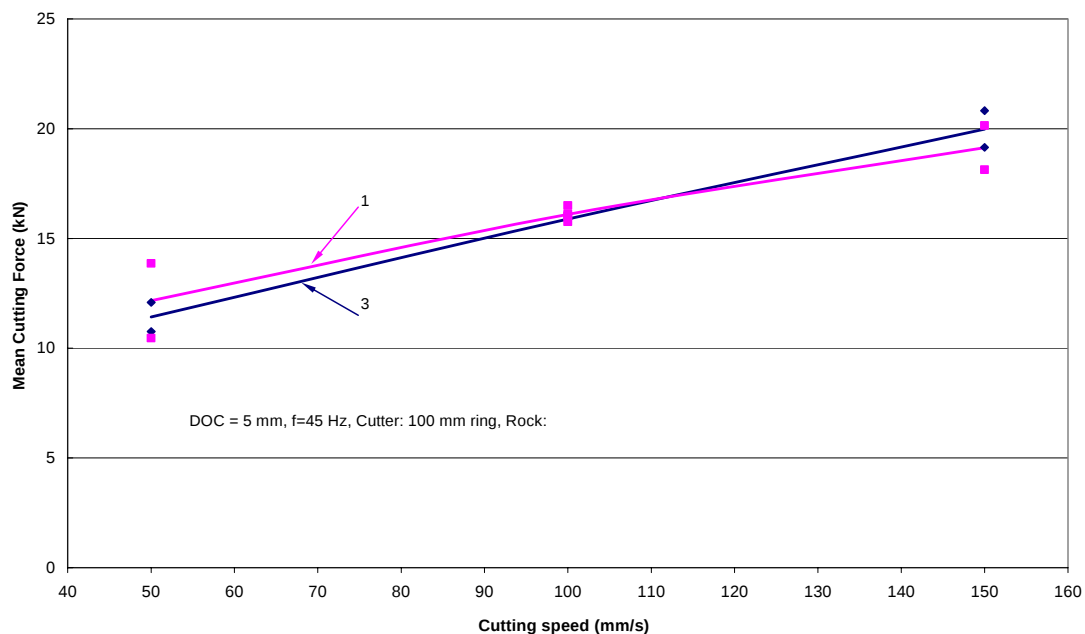


Figura 8 Forze di taglio medie in funzione della velocità di traslazione della testa.

Al sistema come descritto sono stati applicati due getti d'acqua ad alta pressione del diametro ciascuno di 1 mm, posizionati frontalmente rispetto all'utensile.

La distanza di stand-off è stata mantenuta intorno ai 30 mm.

La pressione è stata fatta variare tra 0 e 109 MPa.

Lo schema delle prove è riportato nella seguente tabella

Velocità di traslazione (mm/s)	Profondità di taglio (mm)	Frequenza (Hz)	Massa iner. (t)	Pressione Water Jet (MPa)	Numero tagli
40	10	45	3	34	4
50	5	45	3	34	2
100	5	45	3	34	3
100	10	45	3	34	2
150	5	45	3	34	2
40	10	45	3	109	2
100	10	45	3	109	2
40	10	45	1	34	2
40	10	45	1	109	2

I risultati ottenuti con l'applicazione dei getti sono riportati nelle seguenti figure 9 e 10 in termini sia di forze di taglio che in termini di forze normali.

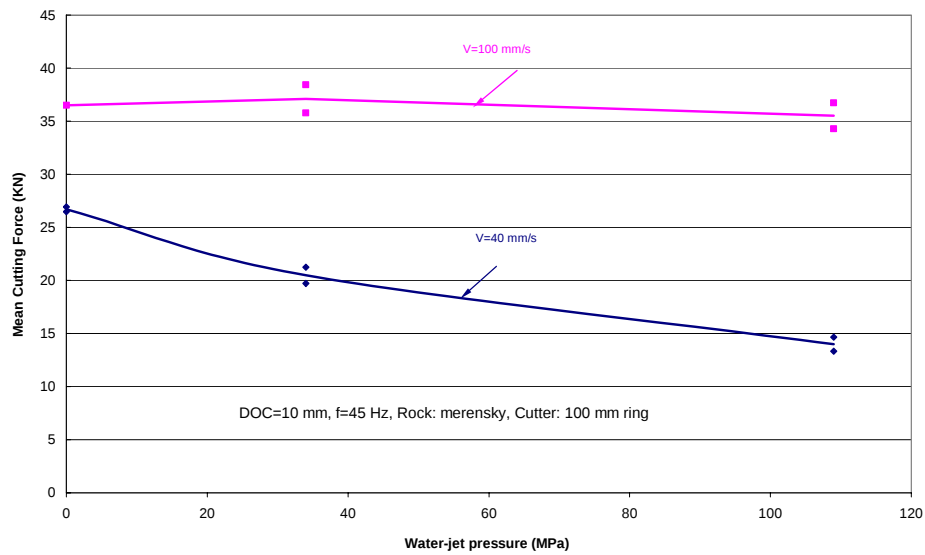


Figura 9 - Forze di taglio in funzione delle pressione dei getti d'acqua

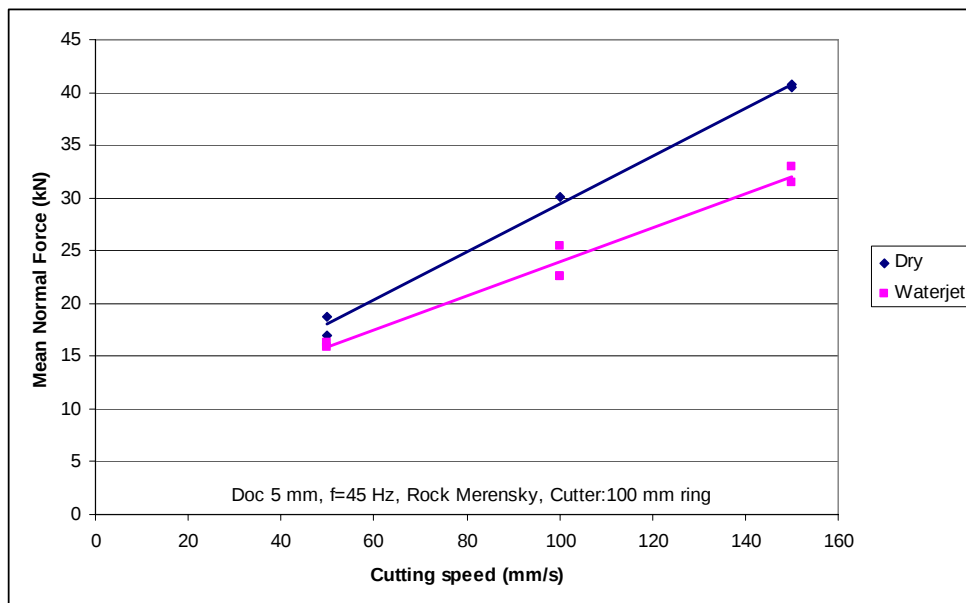


Figura 10 – Forze normali in funzione della velocità di traslazioni per condizioni di prova a secco e con getti d'acqua.

Dall'esame delle due figure si può evidenziare l'effetto positivo ottenuto con l'applicazione dei getti d'acqua alla tecnologia dei dischi oscillanti. Sia le forze di taglio che le forze normali hanno infatti subito, con l'applicazione dei getti, una riduzione dei valori medi che oscilla tra il 50 ed il 10%.

Conclusioni.

Le sperimentazioni condotte, da ritenersi ancora in fase preliminare, hanno consentito di valutare l'effetto dell'applicazione combinata dei getti d'acqua alla tecnologia dei dischi oscillanti. Tale impiego combinato si è dimostrato vantaggioso consentendo una riduzione le forze agenti sull'utensile di taglio, con notevole beneficio soprattutto dal punto di vista costruttivo dei macchinari di scavo.

Ulteriori studi di laboratorio condotti diversificando i parametri operativi consentiranno di verificare i risultati ottenuti e di poter predisporre un prototipo di macchina su scala semi industriale.

L'esperienza presso il CRCMining si è rivelata estremamente positiva e sono stati allacciati dei rapporti a livello istituzionale che si spera nel seguito potranno portare alla realizzazione di progetti di collaborazione comuni su tematiche dell'ingegneria degli scavi in generale e su quella dello scavo meccanizzato in particolare.

In fede

Ing. Augusto Bortolussi

18 Settembre 2006