

ANALISIS KEAUSAN SLIDE SHOE BEARING PADA TRUNNION INLET CEMENT MILL

Wear Analysis of Slide Shoe Bearing on Trunnion Inlet Cement Mill

Edy Kristian¹, Hendri Hestiawan^{1*}, Indrizal²

1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bengkulu Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu

2) PT. Semen Padang, Jl. Raya Indarung, Kota Padang, Sumatera Barat

*) Email : hestiawan@unib.ac.id

ABSTRACT

Slide shoe bearings and trunnion bearings can wear out due to friction and can cause breakdowns that can stop the production rate and cause losses for the company, the reason for researching slide shoe bearings and trunnion bearings is the occurrence of overhaul so that there is damage. The research only focused on slide shoe bearings and trunnion bearings. The working principle of the slide shoe bearing itself is to support the load from the trunnion which rotates continuously, because it always receives frictional loads, it does not rule out the possibility of wear and tear, this is where the damage to the bearing material begins, damage can be in the form of wear or cracks and so on. The cause of wear on the slide shoe bearing is caused by dirt that enters between the slide shoe bearing and the trunnion which only has a gap of 0.11 mm. This is also caused by less regular lubrication.

Keywords: Cement mill, Wear, Trunnion, Slide shoe bearing

1. PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya penggunaan semen untuk pembangunan di Indonesia terutama untuk pembangunan rumah pemukiman, jalan, jembatan, terowongan, bendungan, irigasi, dermaga, landasan udara, gedung-gedung bertingkat dan lain sebagainya, menuntut perusahaan semen untuk bisa memenuhi permintaan tersebut. Untuk meningkatkan produksi maka perlu penunjang mesin yang dapat beroperasi dengan baik, salah satu mesin pengolah semen yaitu mesin *tube mill*.

Tube mill merupakan salah satu jenis mesin penggiling yang berbentuk silinder yang berfungsi dan digunakan untuk menggiling material keras menjadi material yang sangat halus. Mesin ini biasanya digunakan dalam proses pembuatan cat, keramik, semen, kembang api, batu bara, pigmen feldspar dan serbuk material *3D printing*. Secara umum prinsip kerjanya adalah mengurangi ukuran material dengan memanfaatkan gerakan bola yang jatuh kebawah pada saat bola terangkat ketika silinder berputar [1]. *Tube mill* memiliki komponen yang memiliki fungsi dan berkaitan satu sama lain, salah satunya *mill bearing*.

Mill bearing terdapat dua komponen yg saling berkaitan diantaranya *slide shoe bearing* dan *trunnion bearing*. sebagai komponen permesinan tentunya *slide shoe bearing* dan *trunnion bearing* dapat mengalami keausan akibat gesekan dan dapat menyebabkan breakdown yang dapat menghentikan laju produksi sehingga menimbulkan kerugian bagi perusahaan [2]. Salah satu alasan untuk meneliti *slide shoe bearing* dan *trunnion bearing* yaitu terjadinya overhaul sehingga terdapat kerusakan maka perlunya perbaikan sehingga mesin bisa beroperasi dengan baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bantalan

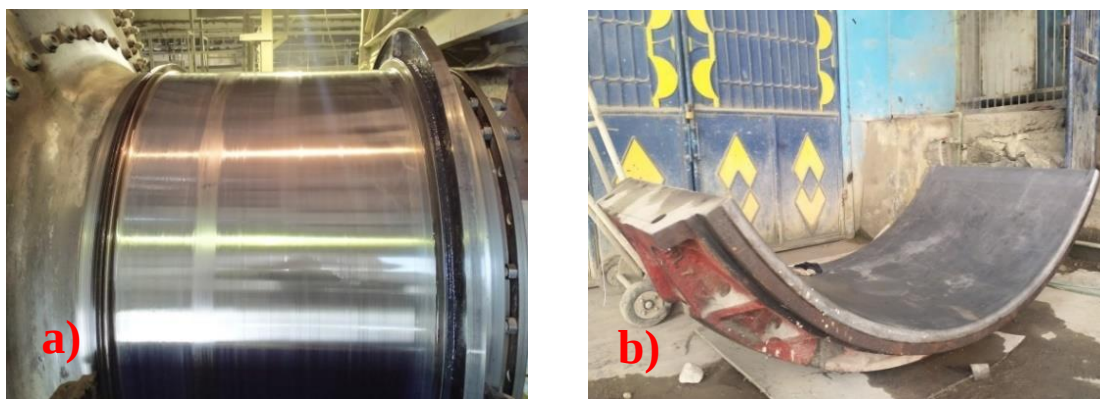
Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerak bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh system akan menurun atau tidak dapat bekerja secara semestinya. Apabila satu bagian mesin didukung oleh bagian lainnya dan bagian yang satu punya kecepatan terhadap yang lainnya, maka kedua bagian ini menyusun suatu bantalan [3].

Trunnion bearing adalah jenis bantalan yang biasanya digunakan pada mesin yang memiliki rotasi horizontal, seperti ball mill, cement mill, atau rotary kiln. Trunnion bearing berfungsi untuk mendukung poros utama (shaft) dan memungkinkan rotasi yang mulus. Slide shoe bearing adalah jenis bantalan yang lebih modern dan sering digunakan pada mesin yang lebih besar dan lebih kompleks, seperti ball mill besar dan rotary kiln. Bantalan ini berfungsi untuk mendukung poros utama dengan cara yang berbeda dibandingkan trunnion bearing. Slide shoe bearing terdiri dari pelat atau bantalan geser (shoe) yang diletakkan pada

permukaan datar yang saling bergesekan. Pada slide shoe bearing, poros berputar di atas bantalan berbentuk pelat geser (shoe) yang dilumasi dengan cairan (biasanya minyak), yang memungkinkan bantalan beroperasi dengan gesekan yang rendah. Bantalan ini dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi beban berat dan kecepatan rendah hingga menengah. Pada mesin *tube mill* di pabrik semen ini menggunakan bantalan jenis *trunnion bearing* dan *slide shoe bearing* dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2 Pelumasan

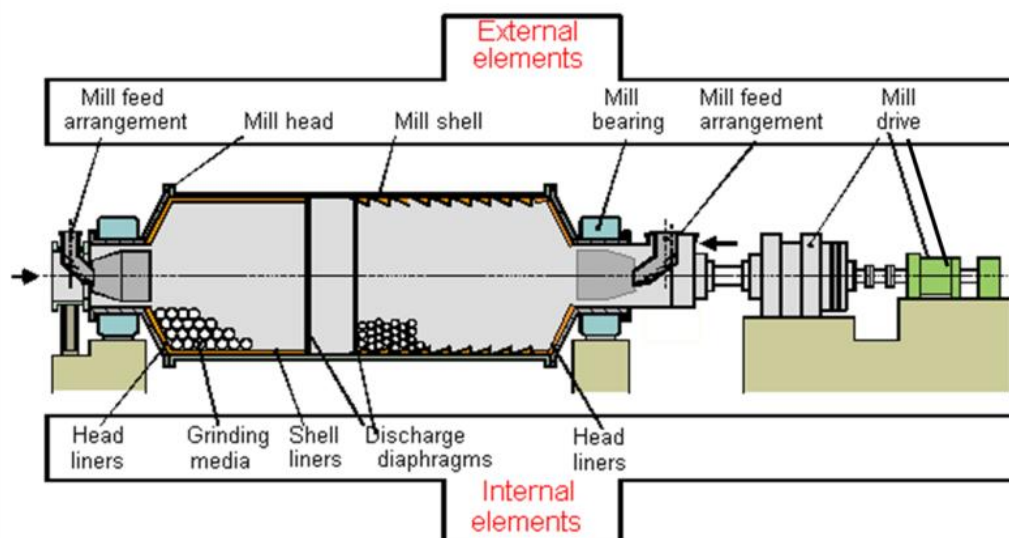
Pelumasan pada *mill bearing* sangat penting untuk melumasi bagian-bagian yang bergerak dan bertumpu satu dengan lainnya. Pelumasan dilakukan dengan mengikuti standar pelumas dan perawatan yang ditentukan oleh pabrik tersebut. Bila ada penyimpangan pemakaian jenis pelumas dan jadwal perawatan maka akan berakibat pada bagian mesin yang perlu dilumasi akan rusak berupa keausan dan cacat-cacat permukaan. *Mill bearing* merupakan bagian yang dilumasi karena *mill bearing* merupakan tumpuan dari mesin *tube mill* jika terjadi permasalahan pada sistem pelumas akan menyebabkan gesekan langsung antara *slide shoe bearing* dengan *trunnion bearing* maka kerusakan akan terjadi pada *mill bearing*.



Gambar 1. Objek penelitian (a) Trunnion Bearing; Slide Shoe Bearing

2.3 Tube Mill

Tube mill dirancang untuk penggilingan *klinker*, *gypsum* dan komponen *aditif* kering atau basah untuk semua jenis semen. *Mill* dapat beroperasi pada *open circuit* maupun *close circuit* dan dengan penggilingan awal atau tanpa penggilingan awal untuk mencapai penggilingan yang efektif dan efisien dalam hal produksi produk. *Ball mill* mempunyai area aliran yang besar, yang memungkinkan untuk beroperasi dengan volume aliran udara yang besar dan penurunan tekanan yang rendah pada *mill*. Oleh karena itu konsumsi energi pada kipas ventilasi rendah. *Tube mill* terdiri dari berbagai komponen yang mempunyai fungsi dan berkaitan satu sama lain. *Tube mill* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tube Mill [4]

2.4 Tujuan Perawatan

Tujuan pemeliharaan fasilitas adalah mendukung keunggulan bersaing yang diinginkan perusahaan, secara umum pemeliharaan berusaha menjaga agar sarana atau fasilitas selalu dalam kondisi siap pakai untuk proses produksi sesuai dengan rencana, dan tidak mengalami kerusakan selama fasilitas atau peralatan tersebut digunakan dalam proses produksi [5]. Tujuan utama dari pemeliharaan terhadap peralatan atau mesin secara garis besar adalah:

- a. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencanaproduksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
- c. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikandalamperusahaanselama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasitersebut.
- d. Untuk mencapai tingkat biaya *maintenance* serendah mungkin, denganmelaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
- e. Menjamin keselamatan operator peralatan ataumesin.
- f. Mengadakan kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnyadari suatu perusahaan yaitu tingkat keuntungan atau *return ofinvestment*.

2.5 Klasifikasi Perawatan

- a. Perawatan Terencana (*Planned maintenance*)

Dalam perawatan terencana suatu peralatan akan mendapat giliran perbaikan sesuai dengan *interval* waktu yang telah ditentukan sedemikian rupa sehingga kerusakan besar dapat dihindari. Perawatan terencana (*planned maintenance*) terbagi menjadi *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Perawatan terencana sangat penting dalam menjaga performa mesin atau peralatan, dan dengan perencanaan yang matang, ini dapat membantu meningkatkan efisiensi serta mengurangi biaya operasional dalam jangka panjang.

- b. Pemeliharaan Tidak Terencana (*Unscheduled Maintenance*)

Hanya ada satu jenis pemeliharaan tak terencana yaitu pemeliharaan darurat atau *breakdown/emergency*. Dikenal sebagai jenis pemeliharaan yang paling tua. Aktivitas pemeliharaan jenis ini adalah mudah untuk dipahami semua orang. Jenis pemeliharaan ini mengijinkan peralatan-peralatan untuk beroperasi hingga rusak total (*fail*). Kegiatan ini tidak bisa ditentukan / direncanakan sebelumnya, maka aktivitas ini juga dikenal dengan sebutan *unschedule maintenance*. Ciri-ciri jenis pemeliharaan ini adalah alat-alat mesin dioperasikan sampai rusak dan ketika rusak barulah tenaga kerja dikerahkan untuk memperbaiki dengan cara 'penggantian'.

2.6 Teori Keausan

Secara definisi, keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Keausan pada dasarnya memiliki beberapa mekanisme yaitu Abrasi, Erosi, Adhesi, Fatik dan Korosi. Lubrikasi sendiri adalah proses atau teknik yang dilakukan untuk mengurangi keausan dari satu atau kedua lapisannya. Dan tipe lubrikasi yang dilakukan berbeda-beda sesuai dengan beban yang ditanggung[6]. Secara umum, mekanisme keausan dapat dijelaskan sebagai berikut. Ketika terjadi kontak antara dua permukaan material, bagian kasar dari suatu material akan terlibat kontak.

- a. Keausan Adhesive (*Adhesive Wear*)

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (*adhesive*) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan salah satu material.

- b. Keausan Abrasif (*Abrasive Wear*)

Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras tersebut. Sebagai contoh partikel pasir silica akan menghasilkan keausan yang lebih tinggi ketika diikat pada suatu permukaan seperti pada kertas amplas dibandingkan bila partikel tersebut berada didalam sistem *slurry*. Pada kasus pertama partikel tersebut kemungkinan akan tertarik sepanjang permukaan dan akhirnya mengakibatkan pelepasan. Keausan abrasif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Keausan abrasif

c. Keausan Lelah (*Fatigue Wear*)

Merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dengan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan *adhesive* maupun abrasif melibatkannya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro. Retak-retak mikro tersebut akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan.

d. Keausan Oksidasi (*Corrosive Wear*)

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material dipermukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interfase antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Secara Visual Keausan *Slide Shoe Bearing*

Pemeriksaan secara fisik yang dapat dilihat secara langsung pada *slide shoe bearing* yang terjadinya keausan. Pada *slide shoe bearing* ini terjadi cacat *flaking* dan cacat *smearing* yang diakibatkan aliran pelumas yang kurang sempurna, sehingga terjadi gesekan langsung antara *trunnion bearing* dengan *slide shoe bearing*. Kedalaman goresan terjadi akibat material *trunnion* lebih keras dari material *slide shoe bearing* dan beban yang terlalu berat sehingga *trunnion* tertekan ke bawah kemudian terjadi gesekan langsung antara *trunnion* dan *slide shoe bearing*. Pada *slide shoe bearing* ini juga terdapat bagian yang mengelupas berbentuk lobang yang sedalam 1,4 mm dan serpihan yang mengelupas terperangkap dibagian daerah kontak antara *slide shoe bearing* dan *trunnion*. Pada awalnya serpihan tersebut memang kecil sekali namun karena pemakaian bantalan yang terus menerus serpihan tersebut akan melebar karena semakin banyak permukaan logam yang mengelupas sampai pada akhirnya semua daerah kontak elemen mengelupas. Pemeriksaan secara visual keausan *Slide Shoe Bearing* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemeriksaan secara Visual

3.2 Pengukuran Ketebalan *Slide Shoe Bearing*

Pengukuran ketebalan *slide shoe bearing* yang telah aus dan lakukan perbandingan dengan *slide shoe bearing* yang baru yang dimana ketebalan *slide shoe bearing* yang telah aus sebesar 6,7 mm sedangkan ketebalan *slide shoe bearing* yang baru sebesar 10 mm. Selisih ketebalan *slide shoe bearing* yang baru dengan yang telah aus sebesar 3,3 mm jika dipersentasekan sebesar 33%. Pengukuran ketebalan *slide shoe bearing* dapat dilihat pada Gambar 6.

3.3 Perbandingan *Slide Shoe Bearing* Baru Dan *Slide Shoe Bearing* Aus

Perbandingan *slide shoe bearing* baru dan *slide shoe bearing* yang telah aus terdapat perbedaan antara permukaan yang dimana permukaan *slide shoe bearing* baru permukaannya halus dan ketebalannya masih standar sedangkan *slide shoe bearing* yang telah aus permukaannya terdapat goresan dan ketebalannya telah berkurang dari standarnya. Perbandingan *slide shoe bearing* baru dan *slide shoe bearing* aus dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Pengukuran Ketebalan *Slide Shoe Bearing*



Gambar 7. (a) *Slide Shoe Bearing* Baru
(b) *Slide Shoe Bearing* lama

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja dari *slide shoe bearing* itu sendiri yaitu untuk menumpu beban dari *trunnion* yang berputar secara terus menerus, karena selalu menerima beban gesekan maka tidak menutup kemungkinan terjadinya keausan, disinilah awal mula terjadinya kerusakan material bantalan, kerusakan bisa berupa keausan atau keretakan dan sebagainya. Pada saat mesin *tube mill* dioperasikan *slide shoe bearing* tidak bersentuhan langsung dengan *trunnion* oleh karena itu diperlukan tekanan untuk mengangkat *trunnion* menggunakan pompa. Pompa akan memompakan oli ke celah antara *slide shoe bearing* dan *trunnion bearing* dengan tekanan di atas 40 bar sehingga mampu mengangkat *trunnion bearing* sebelum dioperasikan.

4.1 Penyebab keausan *slide shoe bearing*

Penyebab terjadinya keausan *slide shoe bearing* yaitu bahan penggilingan semen yang masuk ke dalam *trunnion* dan *slide shoe bearing* lewat *packing* yang sudah menipis karena waktu pemakaian yang sudah lama sehingga *packing* tidak lagi rapat dengan *trunnion*. Tekanan yang diperlukan yaitu minimal sebesar 40 bar dan mampu mengangkat *trunnion* sebesar 0,11 mm. Pada saat *trunnion* terangkat maka terdapat celah sehingga

kotoran masuk melalui celah antara *packing* dengan *trunnion*. Kotoran yang masuk diantara *slide shoe bearing* dengan *trunnion* yang hanya memiliki celah sebesar 0,11 mm apabila ada kotoran yang masuk maka *slide shoe bearing* akan mudah mengalami keausan akibat kotoran yang masuk melalui celah tersebut. Hal ini Juga disebabkan oleh pelumasan yang kurang teratur. Penyebab keausan *slide shoe bearing* dapat dilihat pada Gambar 8.

4.2 Mekanisme keausan

Mekanisme keausan yang terjadi pada *slide shoe bearing* yaitu keausan *abrasif* (*Abrasive Wear*), Dimana partikel dari *trunnion* lebih keras bergesekan secara terus menerus dengan *slide shoe bearing* yang lebih lunak, sehingga terjadi goresan yang semakin lama akan mengakibatkan penipisan *slide shoe bearing* dan terjadi pengelupasan pada *slide shoe bearing*. Pada awalnya serpihan tersebut memang kecil sekali namun karena pemakaian bantalan yang terus menerus serpihan tersebut akan melebar karena semakin banyak permukaan logam yang mengelupas sampai pada akhirnya semua daerah kontak elemen mengelupas. Mekanisme keausan *slide shoe bearing* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Kotoran



Gambar 9. Keausan *Abrasif Wear*

4.3 Maintenance

Untuk menghindari umur pemakaian *slide shoe bearing* dengan waktu yang singkat maka upaya yang dapat dilakukan yaitu harus melakukan perawatan yang terjadwal untuk mengganti *packing* pada penutup *trunnion* agar kotoran tidak mudah masuk dan melakukan pemolesan yang terjadwal pada *trunnion*. Sehingga tidak menunggu indikasi kerusakan terlebih dahulu baru melakukan perbaikan pada mesin *tube mill*. Untuk meminimalisir keausan melakukan penggantian oli yang sebagai pelumas secara terjadwal yang rutin dimana penggantian oli semulanya setahun sekali dirubah menjadi tiga bulan sekali karena mempertimbang mesin yang bekerja secara terus menerus juga mengakibatkan kurangnya kadar oli dan volume oli berkurang karena terjadi pemuatan akibat panas mesin yang bekerja secara terus menerus sehingga pelumasan pada *slide shoe bearing* dan *trunnion* menjadi kurang baik. Namun kekurangan dari perubahan jadwal penggantian oli ini biaya untuk penggantian oli semulanya setahun sekali dirubah menjadi tiga bulan sekali akan mengeluarkan biaya perawatan sebanyak empat kali lipat dan selama proses perawatan akan berhentinya proses produksi sampai waktu perawatan selesai.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengamatan bahwa penyebab terjadinya keausan diantaranya kotoran yang masuk antara *slide shoe bearing* dengan *trunnion*, pelumasan yang kurang baik, dan waktu pemakaian yang telah lama sudah mencapai batas wajarnya. Upaya yang bisa dilakukan yaitu melakukan perawatan yang terjadwal untuk mesin tube mill dan melakukan penggantian oli semulanya setahun sekali dirubah menjadi tiga bulan sekali karena mempertimbang mesin yang bekerja secara terus menerus juga mengakibatkan kurangnya kadar oli dan volume oli.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Desri,A., Chaidil,C. Dkk 2015. *Keputusan direksi ahli tugas Eselon Dan Struktur Organisasi PT. Semen Padang*. PT. Semen Padang. Padang: Team Direksi.
- [2] Nur,R., Hartanti,F., and Sutikno,P. 2015 "Studi Awal Desain Pabrik Semen Portland dengan Waste Paper Sludge Ash sebagai Bahan Baku Alternatif," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 2, pp.164–168, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/214127-studi-awal-desain-pabrik-semen-portland.pdf>.
- [3] Susanto,E., Ahmad,F. 2009. Analisa Kegagalan Main Bearing Crankshaft Pada Kendaraan Roda Empat Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
- [4] Hidayat,M. 2013. Cement Mill. <https://maulhidayat.wordpress.com/>.
- [5] Inggil,H. 2017. Analisis Kegagalan Baut Pengunci Pelat Trunnion Pada Kompartmen 1 Ball Mill VI Tuban III PT. Semen Indonesia TBK. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [6] Anthony,C. 1992. Teknik Manajemen Perawatan. Erlangga, Jakarta. Dud H. Dipl, Ing Cement 'Data Book'. Dep. Of Metallurgical Engineering The University of Utah.