



KAJIAN PENGARUH KETEBALAN PADA KUALITAS DAN MAMPU BENTUK DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PADA PROSES INJECTION MOLDING (STUDI KASUS: MODEL GELAS)

Amelia Sugondo

Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra
Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658
E-mail : amelia@petra.ac.id

ABSTRAK

Saat ini produk berbahan baku plastik semakin banyak dijumpai, mulai dari peralatan rumah tangga, komponen elektronik hingga otomotif. Hal ini dikarenakan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh plastik seperti ringan dan tahan pecah. Melihat peluang tersebut, industri plastik berusaha terus agar dapat menghasilkan produk dengan harga murah namun tetap berkualitas. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mendapatkan harga murah yaitu dengan membuat produk seringan mungkin untuk meminimalkan penggunaan bahan baku. Upaya tersebut juga diiringi dengan mempertimbangkan kemudahan plastik untuk dibentuk pada mesin injection molding.

Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi dengan model gelas plastik berbahan Polypropylene. Model dibuat dengan bervariasi ketebalan mulai dari 1 – 2 mm dengan kenaikan 0,25 mm. Model tersebut akan diuji kemampuan dari plastik cair untuk mengisi mold serta dilakukan analisa kualitas. Pengujian dilakukan dengan cara simulasi. Saat simulasi, temperatur mold, temperatur material dan tekanan injeksi dibuat konstan.

Dari hasil penelitian, didapatkan pada ketebalan 1 mm, kualitas masih belum diterima walaupun kemampuan pengisian mold sudah cukup tinggi. Kualitas dan kemampuan pengisian mold mulai dapat diterima pada ketebalan 1,25 mm hingga 2 mm. Namun dari segi cacat yang terjadi, pada produk dengan ketebalan 1,75 mm dan 2 mm mulai terjadi weld lines dan sink mark, yang memang dapat terjadi pada benda yang ketebalannya semakin bertambah.

Kata kunci: injection molding, ketebalan, beban, kualitas, simulasi.

1. Pendahuluan

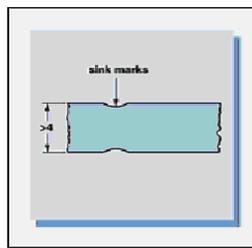
Proses injection molding merupakan proses utama dalam pembuatan produk plastik dibanding dengan proses lainnya. Plastik dikenal sebagai suatu bahan serbaguna dan ekonomis yang banyak digunakan untuk berbagai macam produk. Hal ini dikarenakan kelebihan-kelebihan yang dimiliki seperti mudah dibentuk, ringan, tidak mudah pecah, dan lain sebagainya. Namun kelebihan ini, sering tidak didukung oleh biaya pembuatan cetakan (mold) yang mahal, apalagi jika produk yang dibuat dalam jumlah sedikit. Sehingga untuk mengantisipasinya, mold yang akan dibuat harus dipikirkan betul bentuk desain produknya dan kemampuan jenis plastik leleh tersebut untuk mengisi mold guna mendapatkan produk dengan cacat minimal. Selain itu jenis material dan parameter proses juga menjadi bahan pertimbangan. Dengan mempertimbangkan itu semua, maka akan dihasilkan produk dengan biaya tiap produknya menjadi lebih murah. Upaya lain untuk mendapatkan harga produk lebih murah yaitu dengan membuat produk dengan ketebalan seminimal mungkin yang masih dapat dibuat dengan kualitas yang masih dapat diterima. Berat produk

salah satunya dipengaruhi oleh ketebalan dinding produk tersebut. Semakin tipis produk, jumlah plastik yang digunakan semakin sedikit sehingga akan menurunkan harga produk.

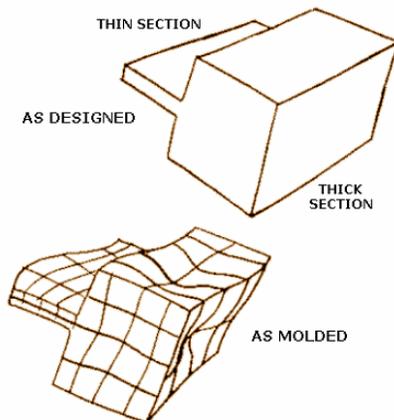
2. Tinjauan Pustaka

Pada proses injection molding, produk dibuat dengan memiliki dinding ketebalan. Ketebalan dinding adalah seminimal mungkin. Dari beberapa literatur dikatakan ketebalan dinding dapat berkisar antara 0,5mm – 4mm. Dalam mendesain ketebalan dinding, diusahakan setipis mungkin yang masih dapat dikerjakan secara ekonomis. Ketebalan yang dibuat tergantung pada desain produk ukuran produk dan syarat fungsionalnya. Ketebalan juga dibuat secara seragam agar dapat meminimalkan sinking (gambar 1), warping (gambar 2), residual stress, sehingga dapat meningkatkan kemampuan pengisian mold dan mengurangi waktu siklus. Dinding dengan ketebalan berbeda akan menyebabkan waktu pendinginan yang berbeda. Dinding yang tebal akan membutuhkan waktu pendinginan lebih lama daripada dinding yang tipis dan ketika dinding di daerah yang tebal mengalami

pendinginan akan terjadi penyusutan. Tebal dinding yang merata sebenarnya juga dapat mengurangi tegangan sisa yang terjadi.



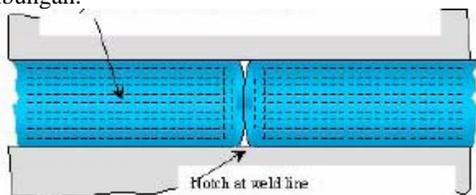
Gambar 1. Sink Mark



Gambar 2. Warping

Selain ketebalan, juga perlu diperhatikan radius pada bagian sudut. Tebal dinding tetap diharapkan dapat seragam agar tidak terjadi tegangan dalam pada bagian tersebut. Dengan radius yang besar, tegangan akan didistribusikan secara uniform (seragam).

Ketebalan juga perlu dipertimbangkan agar pengisian mold dapat berlangsung dengan mudah. Jika pada proses pengisian plastik leleh ke dalam mold terjadi weld lines (gambar 3), produk akan dengan mudah mengalami retak pada produk. Retak ini terjadi karena ketika sebagian plastik leleh mengalir dengan arah berlawanan pada bagian permukaan sehingga terjadi sambungan.



Gambar 3. Weldlines

3. Metodologi

Dalam penelitian ini akan dilihat pengaruh ketebalan terhadap kualitas produk dan mampu bentuknya. Metodologi yang akan digunakan sebagai berikut:

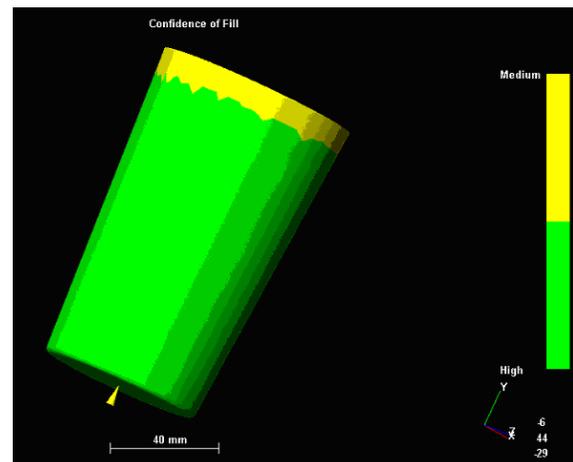
1. Menentukan dan membuat desain produk yang

akan disimulasi. Produk yang dipilih adalah bentuk gelas dengan ketebalan 1 mm, 1,25 mm, 1,5 mm, 1,75 mm, dan 2 mm.

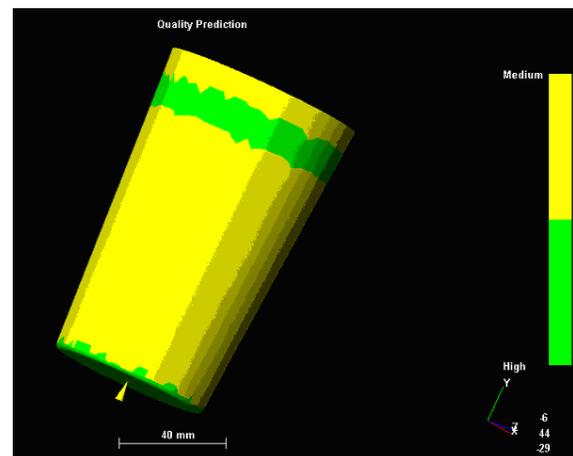
2. Memilih jenis material yang sesuai dengan produk tersebut yaitu PP (polypropylene).
3. Menentukan parameter proses yang digunakan untuk proses pengisian mold yaitu pada temperatur mold 38°C, temperatur leleh plastik 240°C seperti yang disarankan oleh produsen.
4. Menentukan lokasi gate untuk saluran pengisian.
5. Melakukan simulasi untuk mendapatkan tingkat kepercayaan pengisian, prediksi kualitas, mengecek adanya weld lines dan sink mark.
6. Melakukan analisa dan mengambil kesimpulan.

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi, sesuai dengan parameter yang ada, tekanan injeksi yang digunakan adalah 100 MPa.

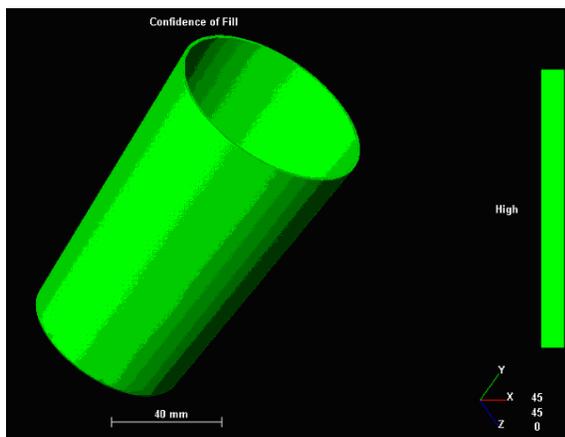


Gambar 4. Tingkat Kepercayaan Pengisian pada Gelas dengan Ketebalan 1 mm.

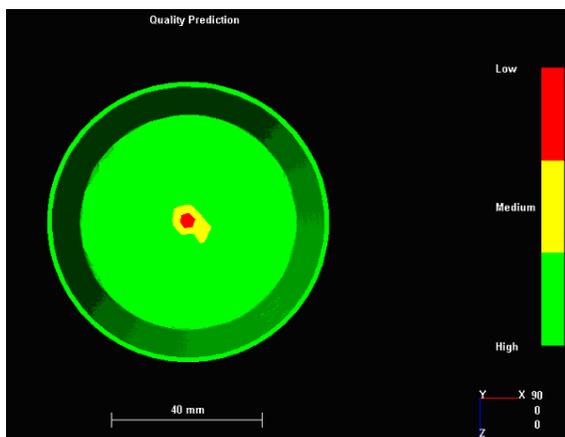


Gambar 5. Prediksi Kualitas pada Gelas dengan Ketebalan 1 mm.

Hasil dari produk gelas dengan ketebalan 1 mm seperti pada gambar 4 dan 5, tingkat kepercayaan pengisian pada mold, masih belum seluruhnya tinggi. Untuk prediksi kualitas, kualitas produk juga masih belum bisa diterima karena sebagian masih menunjukkan warna kuning yang berarti kualitas ditingkat menengah. Penyebab kualitas yang masih kurang yaitu tekanan injeksi yang belum mencukupi sehingga pada bagian atas dari produk kualitasnya kurang memenuhi syarat. Pada bagian samping produk, kualitasnya juga masih kurang karena adanya cacat akibat shear stress yang melebihi batas spesifikasi produk yaitu 0,26 MPa. Namun pada produk gelas dengan ketebalan 1 mm, tidak terjadi jenis cacat yang lain seperti weld lines dan sink mark.



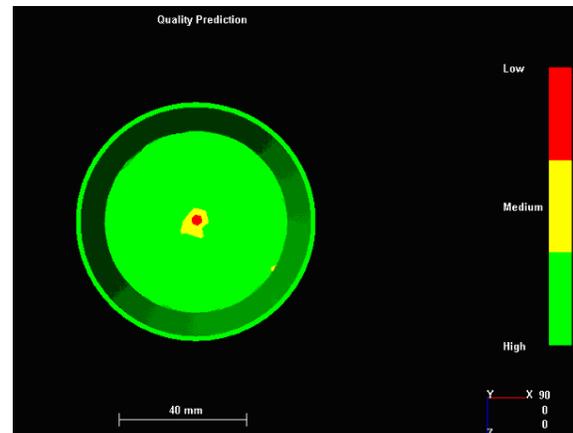
Gambar 6. Tingkat Kepercayaan Pengisian pada Gelas dengan Ketebalan 1,25 mm, 1,5 mm, 1,75 mm, dan 2 mm.



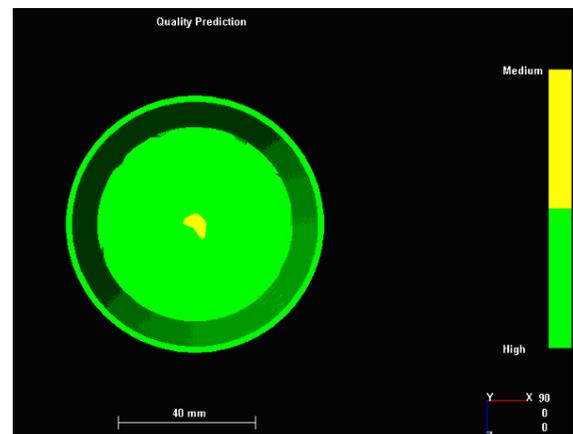
Gambar 7. Prediksi Kualitas pada Gelas dengan Ketebalan 1,25 mm.

Pada kategori tingkat kepercayaan pengisian mold untuk produk dengan ketebalan 1,25 mm, 1,5 mm, 1,75 mm dan 2 mm adalah sama dan dapat dikatakan tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 6. Namun tidak demikian dengan prediksi kualitasnya.

Pada ketebalan 1,25 mm, 1,5 mm dan 1,75 mm masih terjadi cacat akibat shear stress yang melebihi batas dari material produk. Ketiganya dibedakan berdasarkan besarnya luasan cacat yang terjadi yang masing-masing dapat dilihat pada gambar 7, 8, dan 9. Akibat dari shear stress yang tinggi adalah terjadinya crack sehingga produk dapat mengalami penurunan kualitas ataupun kegagalan. Stress yang timbul dapat disebabkan pada waktu plastik mengalir melalui mold dan terjadinya gesekan antara plastik cair dengan dinding mold.



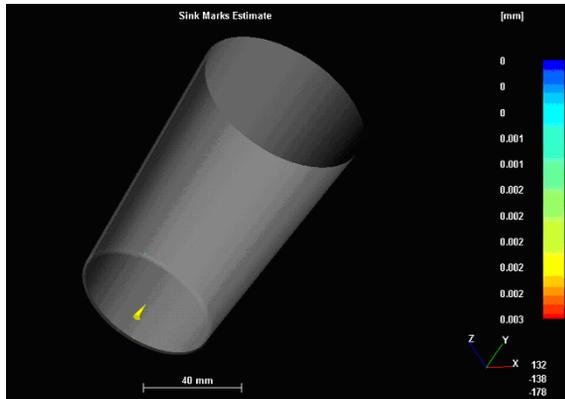
Gambar 8. Prediksi Kualitas pada Gelas dengan Ketebalan 1,5 mm.



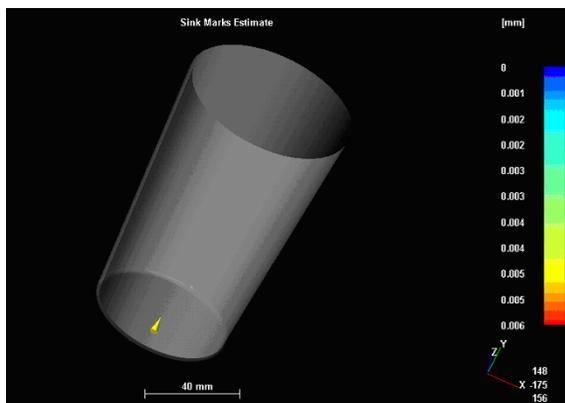
Gambar 9. Prediksi Kualitas pada Gelas dengan Ketebalan 1,75 mm.

Khusus pada ketebalan 1,25 mm dan 1,5 mm, produk juga mengalami shear rate yang melebihi rekomendasi spesifikasi material produk. Shear rate ini memang terjadi ketika tebal dinding dari produk kurang. Cacat akibat shear rate ini dapat mengakibatkan produk menjadi getas dan permukaannya kurang baik. Namun walaupun kualitas produk kurang akibat terjadinya shear stress maupun shear rate, pada produk dengan ketebalan 1,25 mm dan 1,5 mm tidak terjadi weld lines. Selain itu, produk dengan ketebalan itu juga mulai timbul sink marks meskipun sangat kecil yaitu kurang dari 1%. Sink

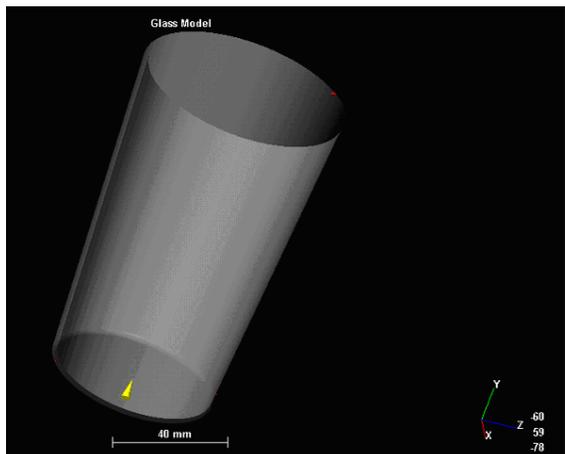
mark pada produk dengan ketebalan 1,25 mm dan 1,5 mm dapat dilihat pada gambar 10 dan 11. Sink mark yang terjadi pada bagian internal fillet. Sink mark pada ketebalan benda yang tebal semakin bertambah dan sebaliknya untuk benda yang semakin tipis.



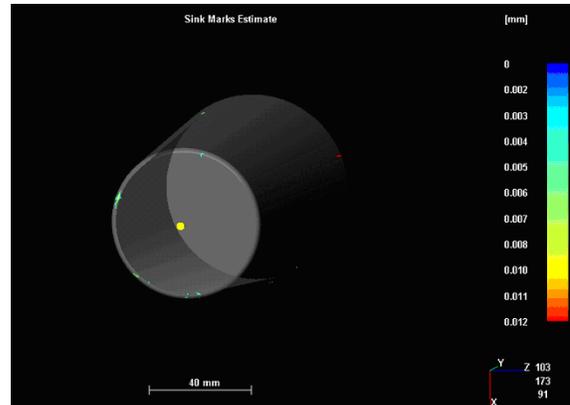
Gambar 10. Sink Mark pada Gelas dengan Ketebalan 1,25 mm.



Gambar 11. Sink Mark pada Gelas dengan Ketebalan 1,5 mm.

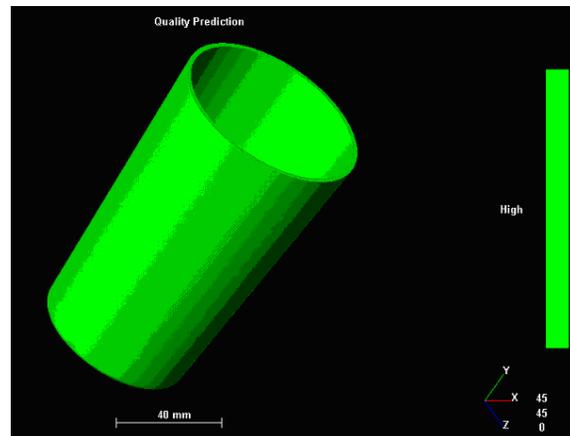


Gambar 12. Weld Lines pada Gelas dengan Ketebalan 1,75 mm.



Gambar 13. Sink Mark pada Gelas dengan Ketebalan 1,75 mm.

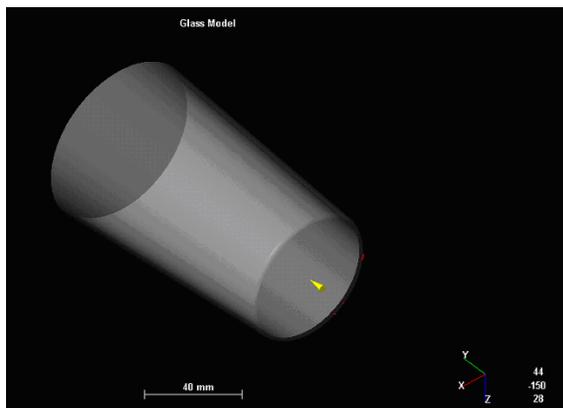
Untuk produk dengan ketebalan 1,75 mm, selain terjadi weld lines juga mengalami sink mark. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 12 dan 13. Cacat akibat weld lines yang terjadi masih sangat kecil dan hanya terletak di bagian atas sehingga masih dapat diterima. Sedangkan persentase terjadinya cacat sink mark pada produk dengan ketebalan 1,75 mm semakin bertambah. Hal ini dikarenakan adanya penambahan ketebalan dinding. Walaupun luasan cacat sink mark semakin bertambah, dengan presentase cacat tersebut belum mempengaruhi kekuatan.



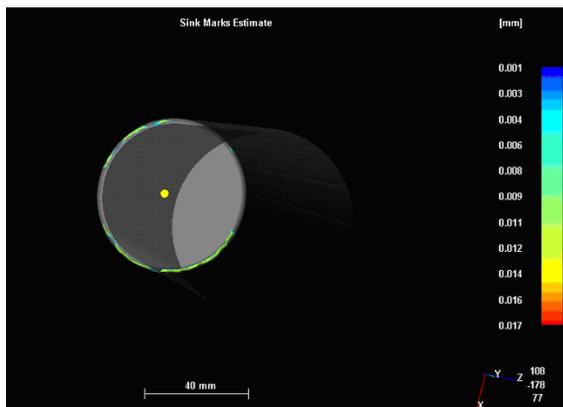
Gambar 14. Prediksi Kualitas pada Gelas dengan Ketebalan 2 mm.

Pada produk dengan ketebalan 2mm, prediksi kualitas produk adalah tinggi, namun tidak demikian pada kategori kualitas yang lain seperti weld lines dan sink mark. Keduanya semakin bertambah seiring dengan penambahan ketebalan produk. Untuk prediksi kualitas produk dapat dilihat pada gambar 14, sedangkan untuk terjadinya weld lines dan sink mark berturut-turut dapat dilihat pada gambar 15 dan 16. Weld lines ditunjukkan dengan adanya warna merah pada produk yang berupa garis, sedangkan sink mark sesuai dengan warna indikator yang ada. Weld lines terjadi pada bagian

bawah gelas, hal ini dimungkinkan karena terjadi ketidakseimbangan aliran ketika material mengalir ke dalam mold.



Gambar 15. Weld Lines pada Gelas dengan Ketebalan 2 mm.



Gambar 16. Sink Mark pada Gelas dengan Ketebalan 2 mm.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa produk gelas dengan ketebalan semakin tipis belum tentu baik untuk diproduksi karena tingkat kepercayaan pengisian masih belum menunjukkan suatu hasil yang bagus, tingkat kepercayaan pengisian mold baru dapat diterima pada produk dengan ketebalan 1,25 mm atau lebih. Untuk prediksi kualitas yang mulai dapat diterima yaitu untuk produk dengan ketebalan 1,25 mm hingga 2 mm. Pada ketebalan produk 1,75 mm, pada produk terjadi weld lines dan sink mark.

6. Daftar Pustaka

1. E.L. du Pont de Nemours and Company, Inc., "Injection Molding Guide", Doc. Ref. VAX020424.1v1, rev May 24, 2002.
2. A. Brent Young, "Plastics: Material and Processing third ed", Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2006.
3. Gastrow, "Injection Mold: 130 Proven Designs – 3rd ed, Hansler Publisher, Munich, 2002.

4. Plastic Injection Molding design, <http://www.engineersedge.com/>
5. http://www.efunda.com/DesignStandards/plastic_design/
6. http://www.dsm.com/en_US/html/dep/wallthickkness.htm